

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství

VYUŽITÍ PLASTŮ PO SKONČENÍ JEJICH ŽIVOTNOSTI

USE OF PLASTICS AT THE END OF THEIR LIFE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Sedláková Alexandra

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Eva Pertile, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Alexandra Sedláková**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů
Téma: **Využití plastů po skončení jejich životnosti**
Use of Plastics at the End of their Life
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Kvalifikační práce bude vypracována v souladu se směrnicí HGF SME_15_001 a osnovou:

1. Úvod a cíl bakalářské práce
2. Plasty
3. Recyklace plastu
4. Současný stav řešené problematiky
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

BROŽOVÁ, Silvie. *Možnosti recyklace vybraných materiálů: Možnosti recyklingu vybraných materiálů*. Ostrava: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-880-9.


BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-214-4240-5.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Mgr. Eva Pertile, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018
Datum odevzdání: 30.04.2019




doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licenci. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠBTUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 18. 4. 2019



Alexandra Sedláková

Poděkování:

Mé poděkování patří doc. Mgr. Evě Pertile, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití plastových odpadů po skončení jejich životnosti. V současnosti je téma plastů a plastových odpadů velmi probírané téma a hovoří se o nich jako o druhu epidemie. Je používáno mnoho metod jejich odstraňování, avšak není možné recyklovat všechny plastové odpady. V bakalářské práci je popsána všeobecná charakteristika a vlastnosti plastů. Další část obsahuje jednotlivé technologické procesy recyklace a výrobky, které jsou vyráběny z recyklovaných plastů. Poslední část pojednává o aktuálních problémech, které se týkají problematiky plastů.

Klíčová slova: odpadní plasty, plasty, recyklace, výrobky z recyklovaných plastů, znečištění plasty

Annotation:

This bachelor thesis deals with the possibilities of using plastic waste after the end of their life. At present, the topic of plastics and plastic waste is a highly discussed topic and it is spoken of as a kind of epidemic. Many methods of disposal are used, but not all plastic wastes can be recycled. The general characteristics and properties of plastics are described in the Bachelor thesis. The next section contains individual technological processes of recycling and products made from recycled plastics. The last section deals with current problems related to plastics issues.

Keywords: contamination of plastic, plastic, products from recycled plastics, recycling, waste plastics

Obsah

1	ÚVOD	1
2	PLASTY	2
2.1	<i>Charakteristika a dělení plastu</i>	5
2.2	<i>Vlastnosti a využití nejběžnějších plastů</i>	6
2.3	<i>Mikroplasty</i>	8
2.4	<i>Plastový odpad</i>	10
3	RECYKLACE PLASTŮ	122
3.1	<i>Používané technologie recyklace plastů</i>	14
3.1.1	Materiálová (fyzikální) recyklace	14
3.1.2	Surovinová (chemická) recyklace	15
3.1.3	Energetická recyklace	16
3.2	<i>Recyklace odpadních PET lahví</i>	17
3.3	<i>Recyklace polyvinylchloridu (PVC)</i>	20
3.4	<i>Výrobky z recyklovaného plastu</i>	21
3.5	<i>Legislativa EU a ČR</i>	23
4	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	25
4.1	<i>Vývoj zpracování plastových odpadů</i>	25
4.2	<i>Plasty v oceánech</i>	34
4.3	<i>Řešení problematiky plastového odpadu</i>	37
5	ZÁVĚR	41
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
	<i>Seznam obrázků</i>	53
	<i>Seznam tabulek</i>	53

1 ÚVOD

Plast se stal v 19. století převratným vynálezem. Jeho objev nahradil výrobu výrobků z přírodních materiálů, a tím je cenově zpřístupnil široké veřejnosti. Díky jeho trvanlivosti a vlastnostem se stal velmi rychle oblíbeným materiálem, který se začal užívat snad ve všech průmyslových odvětvích. Dnes nás plasty provází snad na každém kroku. Staly se materiálem, který dělá náš život jednodušším. S rostoucí oblibou plastů však zároveň vzniklo i mnoho problémů, které negativně ovlivňují životní prostředí. Především se jedná o ohromné množství produkováných odpadních plastů a jejich následná likvidace.

Při jejich odstraňování je podstatné dodržování hierarchie nakládání s odpady. Jejím nejdůležitějším krokem je omezení vzniku plastových odpadů. S tím také souvisí mnoho probíhajících kampaní, které reagují na Směrnici Evropského parlamentu a rady o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí. Kampaně navádějí k omezování některých druhů výrobků, jako jsou jednorázové brčka, kelímky, nádobí a spousta dalších. Pokud tyto odpady již vzniknou, tak je pak nutné zajistit, aby byly opětovně využity. Dalším krokem je jejich recyklace, která zajistí využití odpadního materiálu k získání nového nebo jiného materiálu, nebo poslouží k získání látek, které byly použity pro jejich výrobu. Pokud takto plasty není možné využít, může teprve dojít k jejich spálení za účelem získání energie. Poslední možností hierarchie je pak uložení plastových odpadů na skládky. Díky směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/850 nebude možné od roku 2030 ukládat na skládky odpady, které lze recyklovat.

Bakalářská práce na téma Využití plastů po skončení jejich životnosti má rešeršní charakter. V první části je uveden obecný popis, charakteristika a dělení plastů. Druhá část je věnována jednotlivým metodám recyklace plastových odpadů. Poslední část pojednává o aktuálních problémech, které plasty způsobují.

Cílem bakalářské práce je rešeršní zpracování charakteristiky a vlastností termoplastů, popis způsobů jejich recyklace a popis současné problematiky spojené s plastovými odpady.

2 PLASTY

Termín plast je odvozen z řeckého slova *plastikos*, což v překladu znamená, vhodný pro tvarování. Schopnost snadného tvarování se využívá při výrobě předmětů rozmanitých tvarů, protože je lze různě tvarovat lisováním, litím nebo vytlačováním. V podstatě se jedná o univerzální materiály, které jsou ideální pro širokou škálu jak spotřebitelských, tak i průmyslových aplikací. Velkou výhodou je jejich nízká hmotnost, která je dána poměrně nízkou hustotou plastů. Většina z nich má také vynikající tepelné, elektrické a izolační vlastnosti. Takže v případě potřeby mohou být vyráběny k vedení elektřiny. Rovněž jsou resistantní proti korozi, což je zase činí odolné a vhodné pro použití v drsném prostředí. Některé jsou průhledné a lze je proto využít pro optické přístroje. Mohou být snadno tvarovány do složitých tvarů, což je činí ideálními pro širokou škálu funkcí. Pokud fyzikální vlastnosti daného plastu nesplňují stanovené požadavky, jeho vlastnosti se můžou upravit přidáním plniv, barviv, pěnivých činidel, retardantů hoření, plastifikátorů apod., aby byly požadavky splněny. [1]

O první plastový výrobek se zasloužil vynálezce, chemik a metalurg Alexander Parkes. Roku 1856 představil materiál, který pojmenoval Parkesin. Připravil ho z roztoku nitrocelulosity a kafru, který odpařil při zvýšené teplotě a tlaku a následně přidával různá barviva. Takto v podstatě vznikl první celuloid, který byl nejvíce využíván ve filmařském průmyslu. [2]

O třináct let později představili bratři John a Isaiah Hyattové látku celuloid, která sloužila jako levná náhrada slonoviny a želvoviny pro výrobu kulečnickových koulí. Základem celuloidu byl nitrát celulosity (NC) a přesné množství kafru na plastifikaci NC. Díky zjištění přesného množství kafru se proto bratři Hyattové označují jako skuteční vynálezci celuloidu a roku 1870 na něj získali patent. Celuloid se začal hojně využívat pro výrobu dekorativních předmětů, brýlových obrouček, psacích potřeb, hřebenů apod. Největším odběratelem celuloidu však byl filmový průmysl, jelikož měl výborné vlastnosti (flexibilitu, průsvitnost, dobrá izolační schopnost, aj.). Zároveň však byl ale velmi nebezpečný, a to především z důvodu své vysoké hořlavosti, a to i bez přístupu vzduchu. [3]

Kolem roku 1855 švýcarský chemik George Audemars objevil způsob výroby umělého vlákna tzv. rayonu, a sice z tekuté morušové kůry a pryže. O průmyslovou výrobu rayonu na bázi celulosity se zasloužil až Hilaire de Chardonnet roku 1891. V témže roce

Charles F. Cross, Edward J. Bevan a Clayton zjistili, že reakcí sirouhlíku a celulosy v zásaditém prostředí vznikne vysoce viskózní roztok xanthát, neboli viskosa. Trvalo však několik let, než se metoda dostala do průmyslové výroby. Tento postup výroby je používán prakticky dodnes. [4]

Roku 1907 belgický chemik Leo Baekeland zaznamenal reakci mezi fenolem a formaldehydem a vytvořil plastový výrobek – bakelit. Díky jeho vlastnostem (dobrý izolátor, odolný teple, lehký, trvanlivý, tvarovatelný,...) měl široké využití. Začal se využívat v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu, později jej začali používat pro výrobu dekorací a šperků, telefonů, kuchyňských potřeb aj. Nahradil tak používané přírodní materiály, které byly cenově nedostupné. [5]

Celofán byl vynalezen švýcarským chemikem J. E. Brandenbergerem roku 1908. Původně ale chtěl vymyslet průhledný, nepromokavý ubrus, který by chránil ubrus látkový. Alkalický roztok celulosových vláken protlačoval štěrbinou do kyselé lázně a dalšími postupy (praní a bělení) tak nakonec vznikl průsvitný a nepropustný materiál – celofán. Po několika letech výzkumu, získal patent na jeho výrobu a roku 1920 jej začal průmyslově vyrábět jako obalový materiál. [6]

Polyvinylchlorid (PVC) byl objeven zcela náhodně dokonce několikrát, a to v různých dobách. Jako první ho objevil francouzský fyzik a chemik Henri Victor Regnault roku 1838, a následně pak roku 1872 německý chemik Eugen Baumann. Oba objevili polymer jako bílou, pevnou látku v lahvích vinylchloridového plynu, který byl vystaven slunečnímu záření. Jelikož byl materiál jen těžko zpracovatelný, nedočkal se proto z počátku průmyslové výroby. V roce 1913 se Friedrich Heinrich August Klatte z Německa získal patent na výrobu PVC, a to polymerizační metodou za použití slunečního záření. Komerční využití však bylo velmi omezeno především z důvodu jeho rigidity. Největším průmyslovým průlomem se stal experiment Walda Semon, který měl za úkol najít syntetickou náhradu za přírodní kaučuk. Roku 1926 se mu podařilo dehydrohalogenovat PVC v rozpouštědlech a získat tak gumový polymer tzv. plastifikované PVC, které se pak začalo hojně průmyslově vyrábět. Poptávka po něm se zvýšila především v průběhu 2. světové války, kde nahradil tradiční materiály ve spoustě průmyslových odvětvích. [7] [8] [9]

Polyethylen (PE), stejně jako PVC, byl objeven zcela náhodně několikrát v různých

dobách. Jako první ho objevil roku 1898 německý chemik Hans von Pechmann při zahřívání diazomethanu. Jeho kolegové Eugen Bamberger a Friedrich Tschirner zjistili, že látka má dlouhé řetězce tvořené methylenovou skupinou ($-\text{CH}_2-$) a pojmenovali ji proto polymethylen.

Roku 1933 Eric Fawcett a Reginald Gibson prováděli experiment zaměřený na studium vlivu extrémně vysokých tlaků na polymeraci polyethylenu (PE), při kterém vznikl bílý voskový materiál. Výzkumy však byly zastaveny, jelikož se objevily obavy kvůli výbušnosti. Roku 1935 Williams, Perrin a Paton obnovili experimenty Fawceta a Gibsona. Experimentovali na stejném principu, avšak s lepším vybavením. Jejich výsledky se zasloužili o vývoj zařízení pro průmyslovou výrobu polyethylenu a roku 1939 se začal využívat skoro ve všech průmyslových odvětvích. [10] [11]

Roku 1920 americká společnost DuPont začala pracovat na výzkumu nových převratných vláken. Jejich výzkumné laboratoře pracovaly dlouhá léta na objevu nové látky, avšak největšího úspěchu dosáhly poté, co Charles M. A. Stine, jakožto viceprezident společnosti DuPont, najal roku 1928 do výzkumného týmu chemika Harvardské univerzity Wallace H. Carotherse. Donaldu D. Coffmanovi, jakožto jednomu ze členů tohoto týmu se podařilo 24. května 1934 objevit první vlákno polymeru na bázi aminoethylesteru, které bylo pojmenováno nylon. Vzhledem k jeho obtížné výrobě se W. H. Carothers rozhodl pokračovat ve výzkumu a roku 1931 se mu podařilo objevit polyamid 6,6 (PA66) vyrobený z hexamethyldiaminu a kyseliny adipové, který měl vyhovující vlastnosti pro výrobu nylonu. V září 1938 společnost DuPont získala patent a započalo tak uvedení nylonu na trh s nabídkou dámských punčoch. [12]

Polyester (PES) byl poprvé objeven také Carothersem, ale z důvodu objevu nylonu se této látce dále nevěnoval. Britští vědci J. R. Whinfield, J. T. Dickson a W. K. Birtwhistle začali roku 1939 pracovat na výzkumu polyesterových vláken, kdy navázali na nedokončený výzkum Carotherse. Roku 1941 vytvořili první vlákno s polyolefinem – Terylen. V roce 1946 společnost DuPont zakoupila všechna práva Britů a pokračovala ve výzkumu dalších polyesterových vláken a roku 1951 představili zázračnou látku Dacron. Výzkum umělých vláken pokračoval i v dalších letech. V roce 1958 společnost Eastman Chemical Products například představila další polyesterové vlákno, které nazývala Kodel. [13] [14]

V první polovině 19. století společnost Phillips Petroleum Company začala

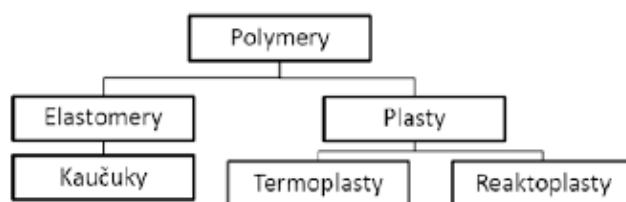
pracovat na výzkumu dalšího využití ropy a zemního plynu. Po skončení druhé světové války totiž klesla poptávka po ropě a zemním plynu a tak společnost hledala alternativy pro rozšíření výroby. V červnu roku 1951 J. Paul Hogan a Robert L. Banks začali pracovat na experimentu, kdy katalyzátor (oxid niklu) upravili, a přidali malé množství oxidu chromitého, které s nosičem přivedli do plynného katalyzátoru pod extrémním tlakem. Takto vznikl nový vysokohustotní polyethylen (HDPE). [15] [16]

V roce 1839 objevil německý lékárník Eduard Simon polystyren (PS). Přestože dokázal izolovat látku od přírodní pryskyřice, nevěděl ale, co objevil. O osmdesát let později, organický chemik Hermann Staudinger zjistil, že Simonův objev, složený z dlouhých řetězců molekul styrenu, byl v podstatě plastový polymer. V roce 1922 vydal Hermann Staudinger své teorie o polymerech, v nichž uvedl, že přírodní kaučuky jsou tvořeny dlouhými opakovanými řetězcí monomerů, které způsobují elasticitu, a materiály vyráběné tepelným zpracováním styrenu jsou podobné kaučuku. Roku 1953 získal H. Staudinger za svůj výzkum Nobelovu cenu za chemii. Vědci společnosti BASF našli roku 1930 způsob, jak komerčně vyrábět polystyren ve formě pelet. V roce 1937 společnost Dow Chemical uvedla polystyrenové výrobky na americký trh a roku 1951 vyvinula a patentovala pěnový polystyren (EPS) známý jako Styrofoam®. [17] [18]

2.1 Charakteristika a dělení plastu

Plast je výraz, který je běžně používán k popisu široké škály syntetických a polosyntetických materiálů s velkým rozsahem využití. Všeobecně jsou tak nazývány materiály, jejichž významnou část tvoří polymery (organické makromolekulami látky), které se skládají z opakujících se stavebních částí (monomer). Mohou být jednoduché (jen atom, dva nebo tři) nebo se může jednat o velmi komplikované prstencovité struktury obsahující deset i více atomů. Kromě polymerních látek zahrnují také různé přísady (aditiva), které upravují specifické vlastnosti materiálu. [19] Jedná se o různá pojiva, plniva (organické a anorganické příměsi) a další přísady jako jsou stabilizátory, maziva a změkčovače, které upravují jejich vlastnosti [20].

Obecně se dělí polymery dle různých znaků. Základní dělení polymerů je však na elastomery, které se dále dělí na kaučuky a plasty, které se pak ještě dále člení na termoplasty a reaktoplasty (obrázek 1).



Obrázek 1: Rozdělení polymerů [21]

S ohledem na téma své závěrečné práce se v následujícím textu proto zaměřím pouze na stručnou charakteristiku termoplastů a reaktoplastů.

Termoplasty jsou látky, které vlivem tepla měknou a po zchladnutí opět ztuhnou, aniž by došlo k nějakým doprovodným chemickým reakcím. To umožňuje opětovné zahřátí a přetváření původního materiálu. Díky snadnému změknutí lze s nimi proto velmi snadno pracovat (táhnout, lisovat, ohýbat nebo vyfukovat) a získat tak požadovaný tvar. Mezi termoplasty patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyethylentereftalát (PET) a polykarbonáty (PC), které patří mezi nejnovější termoplasty. [22]

Reaktoplasty lze tvarovat pouze určitou dobu. Při jejich dalším zahřívání již dochází k jejich vytvrzování. Materiál se tak stává nerozpustný a netavitelný, a jedná se o nevratný proces a nelze je proto opětovně používat. Reaktoplasty mají vysokou tvrdost, tuhost a jsou tepelně i chemicky odolné. [23]

2.2 Vlastnosti a využití nejběžnějších plastů

Charakteristické vlastnosti jednotlivých plastů jsou dány především jejich chemickým složením, které významně ovlivňuje jejich fyzikální vlastnosti. Mezi nejběžněji vyráběné plasty patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyethylentereftalát (PET) a polykarbonáty (PC).

Vlastnosti **polyethylenu (PE)** ovlivňuje jeho molekulová struktura. Polyethylen se dle hustoty a tvaru makromolekul dělí na vysokohustotní (lineární tvar) a nízkohustotní (rozvětvený tvar). Nízkohustotní polyethylen (LDPE) je oproti vysokohustotnímu polyethylen (HDPE) mnohem měkčí. Obecně se jedná o plast s nízkou hustotou a nasákavostí, vysokou pevností, korozní odolností, tažností a dobrými elektrickými vlastnostmi. Pokud má být vystaven UV záření je nutné provést jeho stabilizaci. Je vysoce

hořlavý. Polyethylen je nejrozšířenější obalový materiál a má široké užití např. hračky, tašky, lahve, nádoby, fólie, izolační pláště kabelů, nádrže atd. [22] [24]

Polypropylen (PP) je neprůhledný polymer s nepolární strukturou [25]. Jeho vlastnosti se podobají polyethylenu. Je velmi odolný vůči chemikáliím, má nižší hustotu, je lehký a také poměrně stabilní. Je vhodný například ke svařování, ohýbání i obrábění. Jedná se o velmi rozšířený materiál. Užívá se pro výrobu vláken, fólií, lahví a různých obalových materiálů. Díky jeho vlastnostem se používá pro výrobu součástek přístrojů, např. nárazníky, trubky, reflektory, části septiků, bazénů. Také se užívá ve zdravotnictví pro výrobu dílů zdravotnické techniky, jelikož odolává vysokým teplotám. [22]

Dalším, velmi rozšířeným plastem je **polyvinylchlorid (PVC)**. Jedná se o látku s nepravidelnou krystalickou strukturou. Je lehce navlhavý, samozhášivý, má horší dielektrické vlastnosti a relativně dobrou chemickou odolnost. Při normální teplotě je látka pevná, tuhá a křehká. Jeho využití je velmi rozsáhlé, např. stavebnický průmysl, oděvní průmysl, nábytkářský průmysl, výroba obalů a nádob pro potravinářství a zdravotnických pomůcek. [22] [26]

Polystyren (PS) je pevný, ale křehký polymer s nepravidelně uspořádanou strukturou. Mezi jeho vlastnosti patří nenavlhavost, velmi dobrá izolační schopnost, má dobré dielektrické vlastnosti a propustnost světla. Není však příliš odolný vůči rozpouštědlům. Je hořlavý a při vystavení UV záření zžehne a zežloutne. Ve stavebnickém průmyslu se užívá především jako izolátor, dále pak pro výrobu obalů, misek apod.

Vyrábí se několik druhů polystyrenu:

- standardní polystyren (PS), popsany výše,
- pěnový polystyren (EPS), má zpravidla bílou barvu. Obsahuje 2 % polystyrenu a zbytek tvoří vzduch. Vyrábí se z napěněných PS kuliček. Má široké spektrum využití např. výroba podnosů, talířů, misek, termoboxů, balicího materiálu pro ochranu křehkých předmětů před nárazy apod. Nejčastěji se však používá pro vyrábění desek, jež jsou určeny k zateplení staveb. Díky univerzálnosti a jedinečným vlastnostem nalézá své využití také v modelářství, odlévání kovů, výrobě divadelních kulis apod.
- houževnatý polystyren (PS-HI), který má vyšší tažnost, mléčnou barvu a je

odolnější UV záření,

- styren-akrylonitril (SAN), jedná se vlastně o kopolymer styrenu s akrylonitrilem. Obsah akrylonitrilu ve složení SAN je v rozmezí od 20 do 30 %. Používá se především v různých aplikacích běžného čírého PS, kde je vyžadována zlepšená chemická odolnost a mírně vyšší tepelná odolnost.
- akrylonitril-butadien-styren (ABS), je poměrně nový, mimořádně konzistentní a odolný plast. Vyznačuje se vysokou odolností proti tlakovým rázům, a to i za nízké teploty, proti šíření trhlin a proti otěru. Rovněž velmi dobře odolává také nepříznivým atmosférickým vlivům, UV záření a má velký útlumový součinitel (tlumení zvuku). Jeho velkou předností je hlavně jeho mimořádně nízká tepelná vodivost. Takže nachází své uplatnění pro použití v chladných a klimatizovaných prostorech. [22] [27]

Dalším velmi rozšířeným plastem je **polyethylentereftalát (PET)**. Jedná se o semikrystalický termoplast, který je za normálních okolností křehký a navlhavý. Mezi nevýhody patří jeho neodolnost vůči chemikáliím. Naopak má velmi nízkou cenu a je velmi dobře recyklovatelný. Má velmi široké využití. Vyrábí se z něj vlákna, textilie, obaly pro potraviny apod. [22]

Polykarbonáty (PC) jsou číré amorfnní polymery, které se vyrábí především polykondenzační reakcí bisfenolu A (BPA) s fosgenem (COCl_2). Jedná se o pevný termoplast, který lze vyrábět v mnoha barevných provedeních. Díky přísadám různých aditiv jej lze vyrábět s mnoha odlišnými vlastnostmi. Mezi tyto vlastnosti patří snížená hořlavost, zvýšená odolnost vůči poškrábání, odolnost proti povětrnostním vlivům a teple, tuhost a výborné elektrické vlastnosti. S přísadou UV stabilizátorů velmi dobře odolávají UV záření. Díky tomu se využívají v mnoha odvětvích. Příkladem je automobilový průmysl (světla, okna), střešní krytiny a okna, domácí spotřebiče a vybavení, ochranné pomůcky (přilby, brýle), výroba kompaktních disků nebo zdravotnictví. [28]

2.3 Mikroplasty

Znečištění plasty je prakticky všudypřítomné o to zejména kvůli drobným plastovým částicám tzv. mikroplastům. Jejich velikost je menší než 5 mm. Podle jejich zdroje se dělí na primární a sekundární.

Hlavní zdroje primárních mikroplastů jsou textilie, barvy, čisticí prostředky a kosmetický průmysl, kam jsou záměrně přidávány. Záměrné přidávání mikroplastů se používá pro získání abrazivního produktu, který napomáhá mechanicky odstranit vrchní vrstvu čištěného povrchu nebo kůže. Používají se také pro získání vyšší hustoty produktu nebo zvýšení lesku pomocí mikroperliček. [29] Ty by ale podle návrhu nové legislativy, měly být již zakázány v celé EU. Nicméně do životního prostředí se mikroplasty dostávají především odpadní vodou. Sekundární mikroplasty se do životního prostředí dostávají především degradací plastových předmětů. [30] Neopomenutelným zdrojem mikroplastového znečištění je také otěr pneumatik automobilů [31].

Bylo odhadnuto, že během jednoho pracovního cyklu se například z fleecové bundy může uvolnit až milion mikrovláken. Ta pak končí v odpadní vodě [30]. Podle dostupných informací až 80% plastů v mořích pochází z lidské činnosti na pevnině a do vod se dostávají prostřednictvím čistíren odpadních vod (ČOV), drenážními systémy nebo kanalizací. Čistírny odpadních vod technologicky zachytávají částice větší než 10–1 mm. Část mikroplastů je zachycena sorpcí nebo v čistírenském kalu přímo v čistírnách, ale zbylé částice prochází čisticími procesy a jsou vypouštěny do recipientů, odkud migrují. [31]

Mikroplasty se vyskytují také v atmosféře. Do atmosféry vstupují při výrobě textilních vláken, ale také nošením, praním a sušením oděvů, nebo se uvolňují při otěru a broušení syntetických materiálů. Z atmosféry pronikají do dalších složek životního prostředí a lidského organismu, kde mohou způsobit zdravotní potíže a dlouhodobě přetrvávat. [32]

Do půd se mikroplasty dostávají také mnoha způsoby. Kontaminace probíhá depozicí z atmosféry, prostřednictvím zavlažování, užíváním kalů, hnojiv nebo fóliemi. V půdě dochází k hromadění těchto částic a k pozvolnému uvolňování toxických látek, které se následně mohou dostat do potravin a tím i do těl živočichů. [33]

Studium vlivu mikroplastů na životní prostředí a jejich likvidací je prozatím v začátcích, a proto není mnoho specifických informací o jejich škodlivosti. V každém případě se nyní o jejich škodlivosti začíná stále více hovořit. Evropská komise v roce 2017 vydala prohlášení, kde vyjádřila obavy z negativních vlivů mikroplastů na životní prostředí, a to z důvodu jejich velikosti, která usnadňuje jejich vstup do organismů, a také z hlediska jejich toxicity.

Velkou hrozbou je především znečištění vody mikroplasty. V mořích a řekách si je živočichové velmi často pletou s potravou, a tím vstupují do potravinového řetězce, kde se následně uvolňují všechny toxické látky (DDT, dioxiny, ftaláty, ...). Dlouhodobé přijímání těchto látek může způsobit velké zdravotní problémy jako neplodnost, vývojové poruchy, rakovinu, mohou ovlivnit hormony, a podobně. [34] Stejně tak se vyskytují také v ovzduší a v půdě.

Je také prokázáno, že mikroplasty jsou obsaženy i v pitné a balené vodě. Tuto skutečnost prokázala studie z roku 2017, při níž se zjistilo, že 72 % vzorků odebraných v Evropě obsahovala v průměru 3,8 vláken mikročástic plastů na 1 litr. Na základě této studie pak Státní zdravotní ústav České republiky vydal vyjádření, kde informuje, že neshledávají důvod pro kontrolu výskytu mikročástic v pitných vodách, protože neexistuje žádná hypotéza o škodlivosti mikroplastů lidskému organismu. [35]

Jelikož jsou mikroplasty persistentní, je velmi složité jejich odstranění. K tomu je potřeba velmi jemné filtrace. Pro zachycení částic je možné použít filtry s pískem nebo aktivním uhlím, které zachytávají částice o velikosti 10–50 μm , případně filtrační vložky, které zachytávají částice o velikosti 1–50 μm . [36]

2.4 Plastový odpad

Směsný plastový odpad je tvořen různorodou směsí odlišné kvality a složení. Původcem bývá separovaný sběr plastů, nebo také plasty vytríděné ze směsného odpadu. Nejvíce zastoupeny jsou však zde především plastové obaly.

Jednodruhový plastový odpad je složen pouze z jednoho druhu plastu, avšak vyznačuje se rozdílnou jakostí a čistotou. Dle vzniku se plastový odpad dále dělí na:

- Technologický (zpracovatelský) plastový odpad, který má známé složení a vysokou kvalitu. Vzniká při primárním zpracování plastů.
- Uživatelský plastový odpad, jenž vzniká v domácnostech, je znehodnocený užíváním a má známé složení.
- Průmyslový plastový odpad, který má známé složení a není znehodnocený užíváním. Pochází z vnitropodnikových technologických operací (např. odřezky z vodovodního potrubí, desek apod.). [37]

Města i obce se snaží dělat vše pro to, aby obyvatele motivovala k ještě důkladnějšímu třídění odpadů a aby bylo druhotně nevyužitelného odpadu co možná nejméně, čímž by se nemuselo tolik platit. Avšak Čína, která byla největším odběratelem plastového odpadu, jeho dovoz značně omezila. Takže české firmy, až na nepatrné výjimky, nemají vlastně vhodné technologie na jeho zpracování. Na trhu tak začíná být plastu přebytek a výkupní ceny logicky významně také klesají. Takže mnohé podniky, které sváží a třídí odpad, začaly městům zvyšovat platby za svoz. Situace došla tak daleko, že některé zpracovatelské firmy přestaly plasty dokonce vykupovat, protože je jednoduše nemají komu udat. [38]

3 RECYKLACE PLASTŮ

Recyklace plastů je jedna z aktuálních problematik současnosti. Jelikož produkce plastů v průmyslu i domácnostech každoročně stoupá, je nutné se zabývat jejich recyklací a likvidací. Účelem recyklace je přeměna odpadu na druhotnou surovinu, vhodnou pro další použití, úsporu přírodních zdrojů a ochranu životního prostředí. [39]

Recyklace odpadních plastů se dle technologie dělí do tří skupin:

- Materiálová (fyzikální) recyklace;
- Surovinová (chemická) recyklace;
- Energetická recyklace.

Recyklace odpadních plastů se dle použití také dělí na:

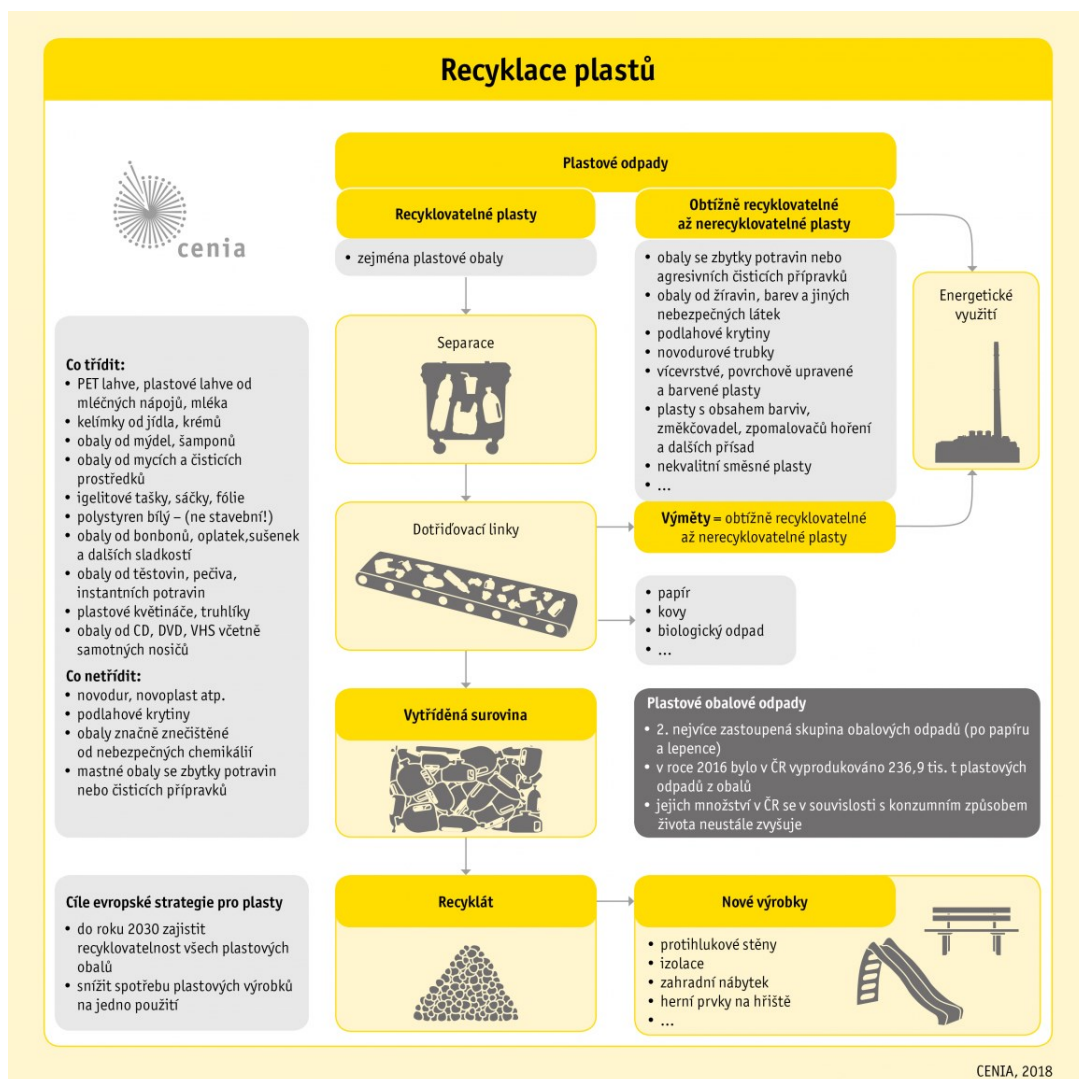
- Opětovné použití, kdy se materiál nebo výrobek opětovně použije (např. výměna lahví, protektorování pneumatik);
- Další použití, kdy se odpady využijí po jejich úpravě (např. granulace a její použití ve stavebnictví);
- Opětovné zužitkování, kdy je po malé úpravě odpad opět použit ke stejnému účelu. [40] [41]

Recyklace plastů je ve velké míře možná a v současnosti se jí také věnuje zvýšená pozornost. Rozvoj recyklačních technologií se však neustále vyvíjí a lze tedy předpokládat, že budou objeveny zcela nové procesy, které poskytnou jejich účinnější využití. Hlavním důvodem, proč není většina plastů recyklována, je především ekonomická stránka. Ať už se jedná o nákladnost některých technologických procesů, nízké poplatky za skládkování odpadů nebo relativně nízkou cenu neobnovitelných fosilních surovin a tedy nízké výrobní náklady. Dalším důvodem je rovněž poptávka trhu na výkup vytríděného plastového odpadu zpracovateli, kteří o některé druhy plastů nemají vůbec žádný zájem, a to pak vede ke skutečnosti, že jsou tyto nechtěné plasty převáženy na skládky nebo případně do spaloven. [42] [43] [44]

Aby bylo možné plasty recyklovat, je třeba nejprve zajistit jejich sběr. Systém sběru odpadních plastů se v jednotlivých městech České republiky může odlišovat, avšak v celé republice platí, že jsou plasty vhazovány do žlutých sběrných nádob nebo případně pytlů.

Pytlový sběr se užívá především v menších obcích, kde oproti kontejnerovému systému není tak finančně nákladný. Domácnosti obdrží za poplatek nebo i zdarma pytle, které bývají z různých materiálů (plast, papír, juta). Jejich objem může být různý, ale převážně se jedná o objem 40–120 l. V předem známých intervalech (týden až dva měsíce) pak dochází ke svozu odpadů smluvní společností od jednotlivých domů k recyklaci. [45]

Druhým, způsobem svozu odpadů je jejich vhození do sběrných kontejnerů žluté barvy. V tomto případě domácnosti shromažďují vytríděný odpad, a v případě potřeby jej mohou kdykoli vhodit do sběrné nádoby. V současné době je průměrná vzdálenost k nádobám na tříděný odpad 92 m. [46] Svozová společnost pravidelně zajišťuje odvoz odpadů na třídící linku, kde dochází ještě k dodatečnému finálnímu třídění [47]. Celý proces recyklace plastů je systematicky znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 2: Proces recyklace plastů [48]

3.1 Používané technologie recyklace plastů

Jednotlivými technologiemi recyklace se budu podrobněji zabývat v následujících podkapitolách.

3.1.1 Materiálová (fyzikální) recyklace

Materiálová neboli také fyzikální recyklace je v podstatě velmi jednoduchý mechanický proces přeměny odpadu na výrobek, při kterém v recyklovaném materiálu neprobíhá žádná chemická reakce. Zejména se jedná o mechanickou úpravu, která spočívá v třídění, drcení, mletí, vypírání, lisování, pčhování anebo paktování. Kvalita vstupních surovin je velmi závislá na jakosti výsledného recyklátu. Tato technologie se jeví jako nejvhodnější především pro recyklaci termoplastů. [49] [50]

V dnešní době převažují především materiálové technologie, kdy se plast nejprve převede na taveninu, pak je následně tvářen a v konečné fázi pak ochlazen. Využívají se tehdy, pokud je k dispozici velké množství čistých a homogenních plastů. Pak je to ekonomicky efektivní a velmi přínosné pro životní prostředí. [51]

Dle zpracovávaného materiálu a užitné hodnoty výrobku se mechanický postup dále dělí na primární a sekundární [37]. Výrobku stejné nebo obdobné jakosti, jako měl ten původní materiál nebo recyklovaný výrobek, lze dosáhnout recyklací jednodruhového plastového odpadu, tedy tzv. primární recyklací. V tomto případě stačí materiál pouze rozdrtit na jemnou frakci, která je pak přidávána k panenskému plastu, který vstoupil do procesu zpracování poprvé. Pro zachování vlastností materiálu je u konstrukčních plastů (PBT, PET, PA) nutné drť ještě dosušovat. Touto metodou je zpracovateli plastů upravováno více než 95 % technologických odpadů.

Tímto způsobem lze recyklovat některé uživatelské plastové odpady. Podmínkou však je jejich dostatečné množství, stálá jakost a rovněž i ekonomická dostupnost materiálu. V tomto případě je zpracování velmi náročné a také nákladné, jelikož je potřeba vstupní materiál nejprve upravit, což znamená ho přetřídit, oddělit nechtěné části, odstranit nečistoty, sušit atd. Pouze v malé části zpracovatelských technologií je tento postup prakticky nerealizovatelný. Příkladem jsou kompozitní výrobky (vícevrstvé fólie, podlahoviny, syntetické usně, dopravní pásy, obalové materiály apod.) obsahující různé

materiály, které jsou neoddělitelně spojeny. [37]

V rámci sekundární recyklace je získán takový materiál, který má oproti původnímu materiálu zcela rozdílné vlastnosti [52]. Tento proces lze použít například při úpravě některých druhů heterogenních plastových odpadů z domácností a také kompozitních výrobků nebo i méně kvalitních průmyslových a technologických plastových odpadů [53]. Aby bylo možné druhotnou surovinu využít, je nejprve potřeba použít vhodný granulát. Ten se získá suchou technologií, při které dochází k třídění, drcení, mletí, aglomeraci a následnému smíchání v poměru, který zajistí kvalitní zpracovatelnost směsi. Ta se pak plastifikuje a po ochlazení vznikají nové výrobky, které však mají oproti původnímu materiálu mnohem horší kvalitu. Nicméně i přesto jsou stále značně odolné (palety, koberečky automobilů, plotové díly, apod.). Například výrobky z PVC, jež obsahují i jiné materiály a nelze je jednoduše separovat (kompozitní výrobky), je možné recyklovat na takové produkty, kde směsné složení prakticky nevadí. [50]

V případě znečištění vstupního materiálu (cizorodé, špatně oddělitelné příměsi) nebo když se jedná o směsné plastové odpady s příměsí plastů, které nelze odstranit běžnými jednoduchými postupy lze použít fyzikální metodu. Fyzikální metoda recyklace je založena na rozpouštění vhodnými rozpouštědly. [54]

Příkladem fyzikální metody recyklace je technologie společnosti Solvay s názvem Vinyloop®. Prvním krokem této metody je rozemletí a rozdrcení přivedené suroviny, která je následně při určité teplotě a bez přístupu vzduchu rozpuštěna pomocí metyletylketonu. Filtrací roztoku dojde k oddělení příměsí. Rozpouštědlo je možné opět využít, pokud dojde k jeho vysrážení pomocí vodní páry a zregenerování. Před konečným vysušením recyklovaného materiálu je možné přidávat přísady pro zlepšení vlastností materiálu. [55]

3.1.2 Surovinová (chemická) recyklace

Surovinová (chemická) recyklace spočívá v získání užitých materiálů k výrobě určitého druhu výrobku, při které probíhají chemické reakce. Při této technologii je plastový odpad vystaven vyšší teplotě bez přístupu kyslíku, s přidavkem vodíku nebo v oxidačním prostředí. Dochází tak ke štěpení na nízkomolekulární sloučeniny, které jsou obdobné ropným frakcím a lze je proto znovu použít pro produkci hmoty. Při reakcích vznikají odpady, které lze využít jako přísadu do paliv a maziv. Mezi přednosti této

technologie patří především její nenáročnost na čistotu vstupního materiálu a rovněž není nutné třídění plastového odpadu. Naopak nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady potřebných technologických zařízení, složitější instalace a v neposlední řadě i striktní kontrola parametrů. [50] [54] Užívá se několik metod surovinové recyklace:

- Depolymerace – využívá rozkladu materiálu při vysokých teplotách bez přístupu kyslíku,
- Hydrolýza – k rozkladu dochází ve vodním prostředí, která je podrobněji popsána v kapitole 3.3 Energetická recyklace.
- Pyrolýza – termické štěpení bez přístupu kyslíku [56],
- Hydrogenace – probíhá v katalyzátoru s přidáním vodíku,
- Karbonizace – pyrolýzní rozklad bez přístupu vzduchu. [50] [54]

3.1.3 Energetická recyklace

I přes veškeré recyklační metody stále ještě zůstává velký počet odpadních plastů, které není možné recyklovat nebo se jedná o obtížně recyklovatelné materiály, jako jsou nekvalitní směsné plasty, krytiny, obaly od nebezpečných látek a žiravin, obaly obsahující znečištění atd. U těchto materiálů je pak vhodnější aplikovat destruktivní procesy, kterými jsou znovu získány cenné chemické suroviny nebo energie. Energie z odpadních plastů může být získána procesy pyrolýzy, zplyňováním nebo také spalováním.

Pyrolýza umožňuje ekologicky vytěžit z použitých surovin pohonnou hmotu. Principem technologie je rozpad řetězce na molekuly menší velikosti za působení tepla (až 900 °C) a bez přístupu kyslíku. Při procesu je důležité zajistit optimální podmínky, aby nedošlo k rozpadu na molekuly plynu a polymerizačním reakcím. Jako zplyňovací médium se nejčastěji používá oxid uhličitý, kyslík, vzduch a vodní pára. Výsledkem pyrolýzy jsou pak hodnotné suroviny, např. benzín, methan, dehet, saze, vodík, těžký a plynový olej, aj. [57] [58] [59]

Zplyňování je rovněž termochemická reakce s omezeným přístupem kyslíku, díky které se organické látky (především vodík a oxid uhelnatý) transformují na plynné palivo. Jedná se o složitý proces, který obsahuje pyrolýzu, přeměnu par na plyn a pevný uhlík, zplynění uhlíku a oxidaci hořlavých plynů, pevného uhlíku a vedlejších složek. Pro tuto metodu se užívají reaktory (např. trubkové, fluidní, šachtové a válcové pece, pražící

bubny atd.). Užitá technika a metoda jsou závislé na vzniku emisí. [59] [60] [61] [62] [63]

Posledním procesem energetické recyklace je spalování. Výchozí surovinou plastů je ropa, tudíž představují zdroj energie s dobrou výhřevností. Plasty lze spalovat při teplotě kolem 900 °C a termické procesy se pohybují v rozmezí 300 až 2 000 °C. Hoření probíhá s dostatečným přívodem kyslíku. Spalování se využívá především k odstranění plastů zejména z komunálních odpadů. Složení výchozích plyných spalin a rovněž i popelu závisí hlavně na složení vstupního paliva a také režimu spalování. Jedná se sice o velmi efektivní metodu odstraňování plastového odpadu, avšak spalovny musí být opatřeny vysoce efektivními technologiemi na čištění spalin. Jelikož jsou plasty obohacovány o různá aditiva (změkčovadla, barviva, zpomalovače hoření apod.), mohou tyto látky během nedokonalého spalování unikat do ovzduší. Často se jedná o těžké kovy (kadmium, zinek), oxid uhelnatý, uhlovodíky, ftaláty, dioxiny, polychlorované aromatické sloučeniny a kyselinu chlorovodíkovou. Kyselina chlorovodíková vzniká především při termické likvidaci PVC, které tvoří přibližně 25 % odpadních plastů. V tabulce 1 je uvedeno srovnání výhřevnosti jednotlivých složek odpadu. [50] [64] [65] Z hodnot jasně vyplývá, že největší výhřevnost mají plasty ($42,7 \text{ MJ kg}^{-1}$) a naopak nejmenší papír a lepenka ($13,8 \text{ MJ kg}^{-1}$) společně s dřevem ($15,6 \text{ MJ kg}^{-1}$) a textilem ($17,5 \text{ MJ kg}^{-1}$) [66].

Tabulka 1: Srovnání výhřevnosti jednotlivých složek odpadu [66].

Složka odpadu	Výhřevnost MJ kg^{-1}
Papír a lepenka	13,8
Plasty	42,7
Textil	17,5
Dřevo	15,6

3.2 Recyklace odpadních PET lahví

Odpadní PET lahve se vyrábějí z polyethylentereftalátu. Pro získání potřebných vlastností jsou k tomuto materiálu přidávána barviva a změkčovadla. Jsou široce užívány a lze je velice dobře také recyklovat. V oblasti výkupu odpadních plastů jsou proto stále ještě poměrně velmi žádaným zbožím. [67]

Aby byla recyklace efektivní, je potřeba PET lahve nejprve roztřídit podle barev a také z nich odstranit nežádoucí příměsi (např. etikety). Uvádí se, že PET lahev je možné

recyklovat celkem až 15×. [68] Po recyklaci vzniká regranulát, ze kterého je pak možné zpracovat další materiály. Nejčastějšími novými výrobky jsou fólie, vlákna, pásy, ale také zahradní nábytek, hračky, stavební materiál, atd.

Na samotném začátku recyklace je nutné PET lahve nejprve důkladně roztrždit. K třídění se užívají úplně stejné procesy, jako u jiných odpadních materiálů. Nejprve se tedy třídí ručně. Zaměstnanci oddělují jednotlivé plasty z dopravníkového pásu. Převážně se jedná o PET dle barev, ale také fólie, obaly z drogerie apod. Poté již tento roztržденý materiál putuje na automatické třídění, kde pomocí spektroskopických metod dochází ke třídění dle druhu. Pomocí gravitační separace dochází k třídění díky rozdílu měrné hmotnosti materiálů za přítomnosti separačního média, kterým je voda. Pak následuje elektrostatická separace, kde se využívá rozdílné elektrické vodivosti a permitivity mezi plasty vzájemně nebo mezi plasty a příměsí. Posledním procesem třídění je flotace. Ta využívá rozdílných hodnot povrchové energie, která závisí na chemickém složení materiálu. [69]

Dle užití technologie se recyklační proces PET dělí na fyzikální (mechanickou), chemickou, fyzikálně-chemickou a surovinovou recyklaci. Pro recyklaci PET lahví je nejčastěji užívanou recyklační metodou fyzikální recyklace, pomocí které dochází ke vzniku nového výrobku.

Při fyzikální recyklaci dochází k rozdrčení PET lahví pomocí drtičů nebo mlýnů a separaci nečistot. Pro získání co nejlepší jakosti je podstatné zajistit, aby vstupní materiál byl čistý a stejnorodý.

Užívají se dva technologické postupy:

- Suchý recyklační postup.
- Mokrý recyklační postup.

Při suchém recyklačním postupu dochází nejprve k řezání a mletí materiálu bez přítomnosti rozpouštědel a vody. Rozdrčený materiál, tzv. „chips“ se pak dále třídí. Po roztrždení materiál putuje na roztavení, díky kterému se dosáhne důkladné homogenizace. Následně je pak tavenina přiváděna do vytlačovacího stroje, kde vzniká regranulát.

Mokrý recyklační postup je nejvíce rozšířený způsob recyklace, který neklade vysoké nároky na čistotu vstupního materiálu. Dochází při něm opět k třídění PET lahví,

kdy se ale odstraňují pouze velmi znečištěné kusy. Takto vytříděný materiál pak putuje na mlýn, kde dochází k mletí za mokra a vznikají vločky tzv. „flakes“. Rozemletý materiál se přivede do frikční pračky, pomocí které se rozvlákní etikety na celulosu a rozpustí se lepidlo. Po odstranění znečištěné vody se pak materiál opětovně propírá a odvádí se na odstředivky, kde pomocí horkého vzduchu dochází k jeho sušení. Suchý materiál se po roztavení opětovně využívá. Opakované roztavení materiálu způsobuje fyzikálně-chemické změny, které však snižují kvalitu nového výrobku. [70]

Odpadní PET láhve lze rovněž recyklovat metodou „Bottle To Bottle“, která umožňuje jejich recyklaci na nové PET láhve. Jsou při ní kladeny vysoké nároky především na jakost a čistotu vstupních materiálů. Proces je v podstatě stejný jako u mokrého recyklačního postupu. Rozdíl mezi metodami je takový, že po vyčištění jsou „flakes“ smíchány nejprve s modifikátory a pak jsou přesunuty do reaktoru. Zde za vysokých teplot, probíhá chemická reakce. Prostoupením taveniny lisem vzniká regranulát, který je označován zkratkou PET-M.

Takto recyklovaný materiál lze použít pro výrobu nových obalů, jelikož vlivem vysokých teplot dochází k dokonalé likvidaci bakterií a virů. Další výhodou popsané metody je, že recyklát splňuje požadavky panenského PET, a jeho tažnost je až 2× vyšší. [70]

Mikrovlnná recyklace PET lahví se rovněž řadí mezi chemické procesy recyklace. Pomocí energie mikrovln dochází ke štěpení materiálu na kyselinu tereftalovou a ethylenglykol. Ty se pak pomocí polykondenzace opětovně vrací do procesu. [71]

Principem mikrovlnné recyklace je intenzivní koncentrování energie mikrovln tak dlouho, dokud se nezahájí proces štěpení neboli depolymerace. Vlivem mikrovln tak probíhá depolymerace velkou rychlostí za poměrně klidných podmínek oproti metodě Bottle to Bottle. Reakce však probíhá za mnohem nižších teplot (v rozmezí 150–170 °C). Celý proces je beztlakový a prakticky také bezodpadový. Vzniká pouze odpadní voda. Výsledný materiál je vysoce čistý. [72]

Výhody mikrovlnné recyklace:

- odpadá nutnost důkladného třídění (barvy, etikety, ...),
- odpadá nutnost sušení, protože vlhkost v podstatě zrychlí štěpení,

- metoda není příliš náročná na znečištění vstupní suroviny (až 10 % hmotnosti),
- podmínky reakce jsou mírné,
- metodu je možné využít i pro jiné plastové odpady (tkaniny, koberce atd.)

3.3 Recyklace polyvinylchloridu (PVC)

Polyvinylchlorid (PVC) je díky jeho široké škále použití, nízkým pořizovacím nákladům a v neposlední řadě i jeho dlouhé životnosti velmi oblíbený materiál. Lze ho využít v různých odvětvích (obalový materiál, zdravotnické prostředky, rámy oken, podlahové a střešní krytiny, trubky, stavebnictví, ...), a to především díky různým aditivům, které se přidávají při výrobě určitého typu PCV. [73]

Rozlišuje se měkčené a neměkčené PVC. Zatím co neměkčené PVC, s obchodním názvem Novodur, se vyrábí s přidavkem stabilizátorů, maziv a modifikátorů, užívá se především pro výrobu tvrdých materiálů, jako jsou desky, trubky apod. K měkčenému PVC, s obchodním názvem Novoplast, se navíc přidávají ještě různá změkčovadla, díky kterým je možné vyrábět různé nádoby, rukavice, ale také hračky apod. [74]

PVC, jako ostatní druhy plastů, lze likvidovat hned několik způsoby. Jedním, a ne zcela vhodným způsobem, je skládkování, které nese velké riziko uvolňování škodlivých látek do životního prostředí [73]. Dalším způsobem je likvidace spalováním, kdy se jeho výhřevnost využije k získání energie. Výhřevnost PVC je podobná výhřevnosti dřeva a papíru, za produkce menšího objemu oxidu uhličitého. [65] Nutné však poznamenat, že velkou nevýhodou termické likvidace PVC je především vysoký obsah chloru, který se společně s dalšími nebezpečnými látkami dostává do ovzduší [73].

Jako nejekologičtější způsoby recyklace PVC se jeví metody mechanické a chemické recyklace. Jako u jiných druhů plastů nedochází při procesu ke změně chemického složení suroviny, a navíc může proběhnout za předpokladu přítomnosti dostatečného množství roztríděného stejnorodého materiálu. [73]

Při primární mechanické recyklaci je velmi důležité, aby vstupní materiál byl složením jednodruhový a také důkladně čistý. Nový výrobek je složením velmi podobný vstupnímu materiálu. [37] Takto lze recyklovat například odpad z vodovodního potrubí, podlahových a střešních krytin nebo okenních rámu [74]. U sekundární mechanické

recyklace má nově získaný materiál odlišné složení oproti vstupnímu materiálu a zahrnuje recyklaci směsného nebo nekvalitního odpadního PVC. Takto recyklovaný materiál se vyznačuje mnohem horší kvalitou a mechanickými vlastnostmi výrobku. Jedná se například o různé palety, zatravnovací dlaždice apod. [54] Do procesu mechanické recyklace se rovněž zahrnuje ruční nebo strojní třídění. Materiál se rozmělní ve mlýnu, čistí detergenty a vodou a následně suší. Takto připravený materiál je poté roztaven a přetvořen na regranulát, který se pak užívá pro výrobu nových výrobků. Pro zvýšení kvality regranulátu se provádí smíchání recyklovaného a panenského PVC nebo se k recyklátu přidávají další příměsi (např. nadouvadla). [73]

V rámci chemické recyklace PVC dochází k rozkladu odpadů pomocí chemikálií a tepla. Po rozštěpení na jednotlivé molekuly jsou pak znovu využívány například k výrobě stejného nebo příbuzného materiálu. Chemická metoda je vhodná především pro recyklaci takových materiálů, které obsahují různé materiály, které není možné od sebe jednoduše oddělit. Příkladem mohou být laminové fólie. Další výhodou chemické recyklace PVC je nenáročnost na čistotu vstupního materiálu. Metoda využívá především procesů jako je krakování s hydrogenací, pyrolýza nebo zplyňování. [73]

3.4 Výrobky z recyklovaného plastu

Jak bylo popsáno v předešlých kapitolách, existuje mnoho způsobů, jak recyklovat plastové výrobky. Cílem recyklace je získání vstupních materiálů nebo recyklátu, který bude možné jednoduše přetvořit na nové produkty.

Díky výborným vlastnostem plastů postupně dochází k jejich užívání v široké škále odvětví. Navíc v průběhu jeho recyklace je možné tyto vlastnosti ovlivnit přidáním barviv a přísad. [75]

Recyklované plasty lze najít prakticky všude. V domácnostech se tyto materiály vyskytují v podobě bytových doplňků a dekorací, odpadkových košů a pytlů, úložných boxů, ale také jako propisky, hřebeny a spony do vlasů nebo dětské hračky. [76] [77]

Velmi široké využití má na zahradách, kdy se z nich vyrábí velké množství odlišných výrobků, které výborně odolávají externím podmínkám a UV záření. Jedná se o květináče, zahradní nářadí, ploty, zahradní nábytek, kompostéry, zatravnovací dlažby, obrubníky, terasy, dětská pískoviště a prolézačky a mnoho dalších. [78][79]

Z recyklovaných plastů je také vyrobena velká část městských mobiliářů, jako jsou lavičky, odpadkové koše, přístřešky, ukazatele, stojany na kola, květináče a další. Využívají se také jako sedadla na stadionech, podlahy stadiónů a podobně. [80]

Své místo má také v průmyslu. Jedním z mnoha užití je například výroba různých přepravek, fólií, desek, krytů a součástí přístrojů nebo jiné díly [78][81]. Plasty se v automobilovém průmyslu užívají pro snížení jejich hmotnosti a tím také k snížení emisí a úspoře paliva [82]. Recyklované plasty se užívají při výrobě palubních desek, kobereců a středových panelů, které jsou vyrobeny například z odpadních rybářských sítí, PET lahví a lan[83]. Z recyklovaných PET lahví se vyrábí vlákna, která slouží jako výplně a užívají se pro výrobu textilií pro automobily [84][85].

Recyklované plasty se čím dál častěji objevují i v textilním průmyslu. Výrobci reagují na trendy a požadavky svých zákazníků, kteří si začínají uvědomovat množství odpadů a problémy s jejich odstraňováním. Vznikají tak spací pytle, batohy, tašky, ale také oděvy jako rifle, sportovní dresy, obuv, šaty a spousta dalších. Revoluční je v tomto ohledu vlákno Bionic Yarn od stejnojmenné společnosti, která pro výrobu vlákna užívá plastové odpady pocházející z oceánů a pobřeží. [86] [87] [88]

Ve stavebnictví je využití rozmanité. Z recyklátu se vyrábí okenní rámy, střechy, zateplení domů a střech, vodovodní potrubí, podlahoviny, zpomalovací prahy (takzvané carstopy) a dopravní značení, protihlukové stěny, sněhové zábrany, a mnoho dalšího [80]. Další příklad využití recyklovaných plastů představila v roce 2017 organizace PETMAT, z. ú., která představila lahev z recyklovaných PET s názvem PET(b)rick. Díky jejímu tvaru může být tato lahev po skončení jejího prvotního účelu využita pro stavební účely jako náhražka klasických cihel. [89] Revoluční technologii v oblasti využití recyklovaného plastu vyvinula společnost Via Alta, a. s., která zkonstruovala linku na výrobu Polybetu, tedy polymerního betonu. Pro výrobu používá širokou škálu odpadních termoplastů a dalších inertních materiálů (sklo, stavební odpad, kamenivo) a technologie není náročná na čistotu vstupních materiálů. [90] Další možností využití plastových odpadů je jejich použití při stavbě silnic. Silnice z plastových dílců již užívají v Indii, kde na kilometr silnice užili asfalt a plasty ze skládek v poměru 9:1. Mnohem dál došla společnost VolkerWessels, která vyvinula samonosnou plastovou vozovku, která bude tvořena z dílů, které bude možné kdykoli vyměnit. Tyto vozovky budou vyráběny z plastů získaných z moří a

oceánů. [91][92]

Recyklované plasty je možné využít pro výrobu takzvaných filament, neboli vláken sloužících jako náplň 3D tiskáren. Studenti z University of British Columbia vyvinuli zařízení s názvem ProtoCycler, které dokáže přetvořit odpadní plastové materiály nebo pelety na nové filamenty. Navíc technologie umožňuje namíchat vlastní odstín vlákna pomocí barviv. [93]

3.5 Legislativa EU a ČR

Problematikou plastů a plastových odpadů se zabývá Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů a Zákon č. 477/2001 Sb., Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech).

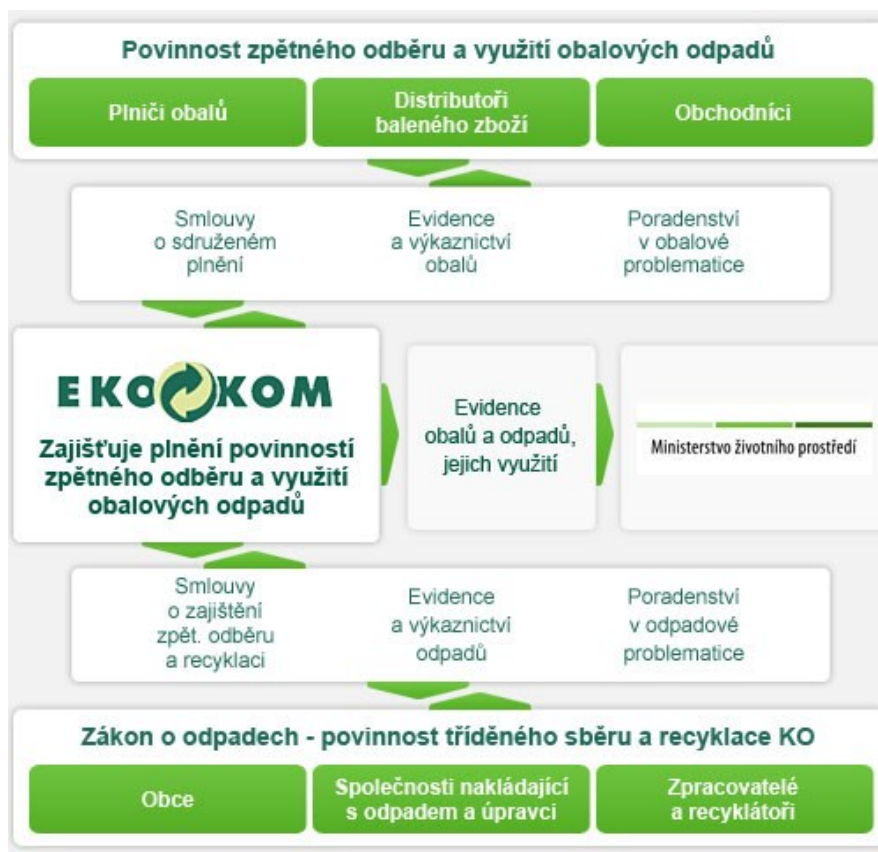
Jmenovaný Zákon o odpadech stanovuje především pravidla pro předcházení vzniku odpadů a v případě jejich vzniku pak určuje, jak s nimi vlastně správně nakládat, aby nemohlo dojít k ohrožení životního prostředí, zdraví obyvatel a případně také k ohrožení trvale udržitelného rozvoje. Jsou v něm rovněž určena práva a povinnosti osob a v neposlední řadě také kompetence jednotlivých orgánů veřejné správy v oblasti odpadového hospodářství. Je zde stanovena tzv. hierarchie nakládání s odpady, která vlastně představuje prevenci vzniku odpadů, v případě vzniku jejich minimalizaci vzniku, recyklaci, energetické využití, termickou likvidaci a poslední možností likvidace odpadů uložení na skládky. [94]

Výše popsany zákon stanovuje konkrétně v paragrafu pět a šest, jak odpad zařazovat dle Katalogu odpadů, který je specifikován vyhláškou č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů. Ta zase opět vymezuje konkrétní postup pro zařazení odpadů dle druhu a kategorie. Příslušnému odpadu je pak podle druhu přidělováno katalogové číslo. To se skládá ze tří dvojčíslí označující skupinu, podskupinu a druh. Dle kategorie, kde jsou nebezpečné odpady označeny „N“ a ostatní odpady „O“. Nebezpečné odpady jsou v katalogu označeny symbolem „*“. [95]

Účelem zákona o obalech je ochrana životního prostředí především vzniku odpadů, a to především snížením jeho hmotnosti, objemu, škodlivosti a obsahu chemických látek. Vztahuje se v podstatě na veškeré obaly, které jsou v České republice uvedeny na trh, avšak s výjimkou kontejnerů, které jsou používány v dopravě nebo plavbě. Zákon dále také

přesně stanovuje označení materiálu, ze kterého byl obal vyroben a také podmínky pro opakovaně použitelné, vratné, zálohované obaly a jejich zpětný odběr. Paragraf šestnáct jmenovaného zákona pak pojednává také o Autorizované obalové společnosti. Určuje vlastně konkrétní podmínky a povinnosti akciové společnosti, která disponuje s oprávněním zajišťovat zpětný odběr a využití obalových odpadů. V České republice toto oprávnění získala autorizovaná obalová společnost EKO-KOM, a. s..

Jmenovaný systém je založen především na plnění povinností odběru a využití odpadů, a to pomocí součinnosti obcí, měst a průmyslových podniků. Má také oprávnění pro nakládání s odpady. Dochází tedy ke sjednávání „Smluv o sdruženém plnění“ s producenty obalů a „Smluv o zajištění zpětného odběru a recyklaci odpadu z obalů“ s obcemi, městy a osobami oprávněnými nakládat s odpady. Společnost se tedy fyzicky na nakládání s odpady nepodílí, avšak zajišťuje financování sběru, svozu, třídění a využití obalových odpadů (obrázek 3). [96]



Obrázek 3: Schéma systému EKO-KOM, a. s. [97] ,

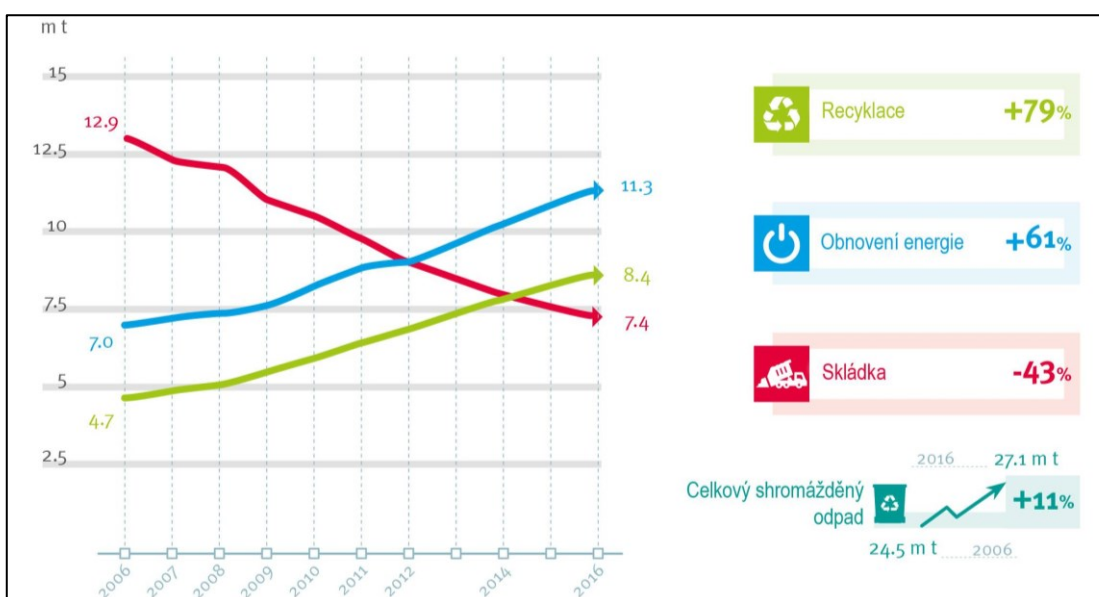
4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Plastové produkty jsou pro denní užívání jednoduché a komfortní, avšak není možné opomíjet jejich negativní vliv na životní prostředí a v neposlední řadě také na zdraví člověka, které jsou obecně známé a velmi často mediálně také projednávány. Prováděné výzkumy potvrzují, že celosvětová environmentální krize se bude stále nadále prohlubovat, pokud nedojde k razantním opatřením ze strany světových vlád.

4.1 Vývoj zpracování plastových odpadů

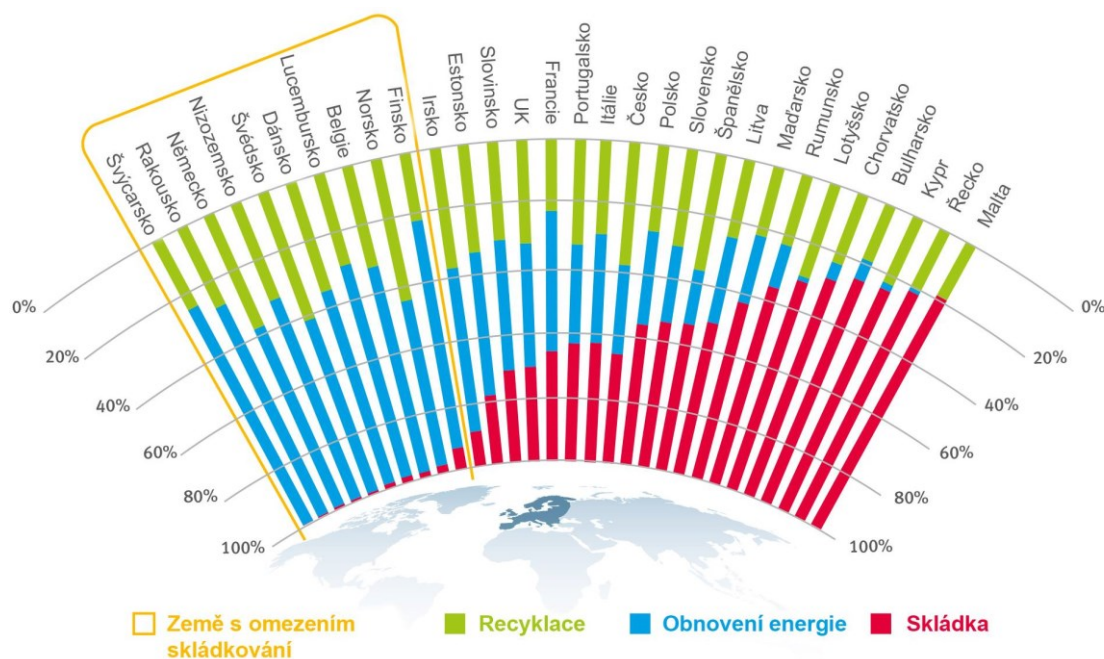
V roce 2017 se na celém světě celkem vyprodukovalo tři sta čtyřicet osm miliónů tun plastů. Toto číslo však nezahrnuje PET, PA a polyakrylová vlákna. Z uvedeného objemu vyprodukovaly státy Evropské Unie(EU) společně s Norskem a Švýcarskem celkem 64,4 miliónů tun těchto plastů, a nutné poznamenat, že jejich produkce každým rokem stoupá. Největším producentem plastů je Asie, která produkuje 50 % zmíněných plastů, druhým producentem je pak Evropa, která produkuje 18,5 % plastů. [98]

Za deset let se ve státech EU, Norsku a Švýcarsku recyklace plastového odpadu zvýšila téměř o 80 %. Jak je patrné z obrázku 4, kde je graficky vyhodnocen vývoj zpracování plastového odpadu, v letech 2006–2016 vzrostl objem recyklovaného plastového odpadu o 79 %, jeho energetické využití o 61 % a naopak skládkování se snížilo o 43 %.



Obrázek 4: Vývoj zpracování plastového odpadu v EU, Norsku a Švédsku v letech 2006–2016 [98]

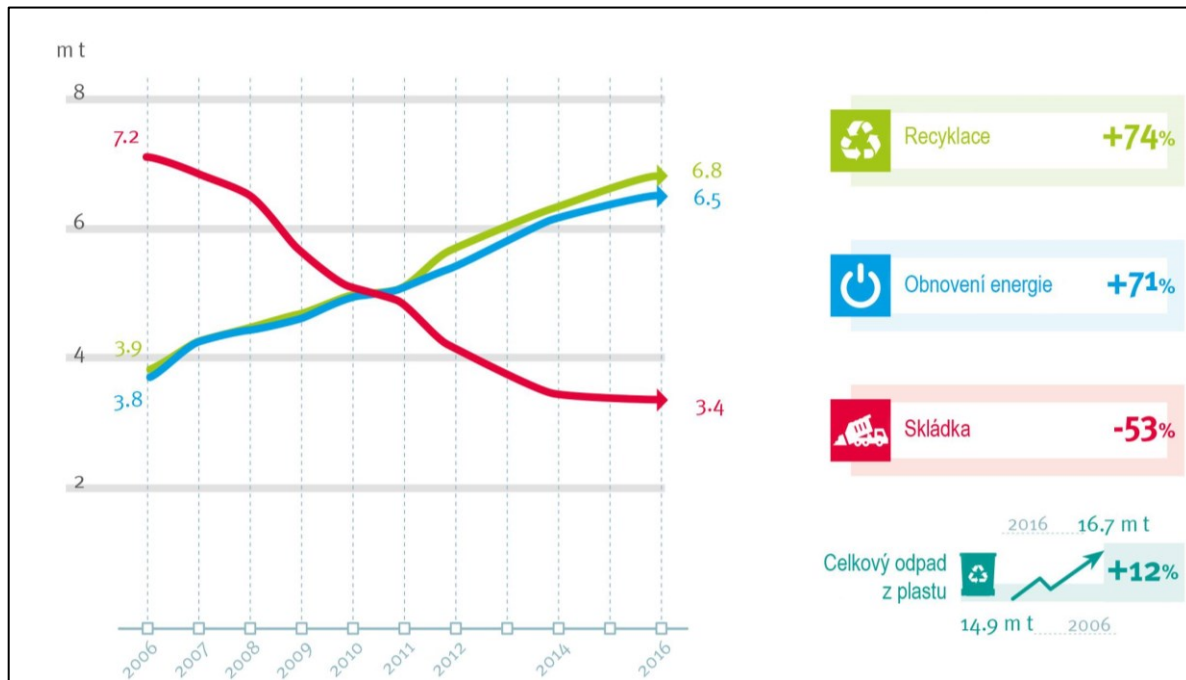
Omezování skládkování v podstatě zvyšuje míru recyklace. Země, které mají omezení pro skládkování recyklovatelného a využitelného odpadu, mají v průměru také mnohem vyšší míru recyklace [98]. Příkladem jsou státy vyznačené na obrázku 5 (Švýcarsko, Rakousko, Německo, Nizozemsko, Švédsko, Dánsko, Lucembursko, Belgie, Norsko, Finsko), které mají díky legislativnímu omezení ukládání odpadů na skládky vysoké procento likvidace plastových odpadů spalováním a recyklací. Státy s vysokým procentem skládkování (Malta, Řecko, Kypr, Bulharsko, Chorvatsko, Lotyšsko, Rumunsko, Maďarsko a Litva) mají míru recyklace a spalování velmi malou. Příčinou vysoké míry skládkování v těchto státech jsou především velmi nízké nebo prakticky žádné poplatky za ukládání odpadů na skládky a neefektivní systém tříděného sběru odpadů [99]. Například v Bulharsku a Slovinsku mají velmi nízké poplatky za ukládání odpadů na skládky, kdy hradí poplatky kolem 2 EUR za jednu uloženou tunu. Zatímco v Řecku, Chorvatsku, Litvě a Rumunsku poplatky za ukládání odpadu na skládky žádné nehradí [100].



Obrázek 5: Míra recyklace, skládkování a spalování v EU, Norsku a Švýcarsku v roce 2016 [98]

Česká republika patří mezi země s vysokým procentem recyklace plastových odpadů, ale také je zde také poměrně vysoký podíl plastového odpadu ukládaného na skládky. Ukládání odpadů na skládky se v České republice bude minimalizovat. K tomu má dopomoci Strategický plán udržitelného rozvoje ČR, dle kterého klesne do roku 2030 celkový objem odpadů uloženého na skládky na 10 %. Tím dojde ke zvýšení míry recyklace odpadů a termické likvidaci. [101][102]

Jak je možné vidět na obrázku 6, za deset let se ve státech EU, Norsku a Švýcarsku recyklace plastových obalů zvýšila o 74 %. Tím také úměrně vzrostlo energetické využití plastových obalů o 71 % a skládkování se snížilo o 53 %.

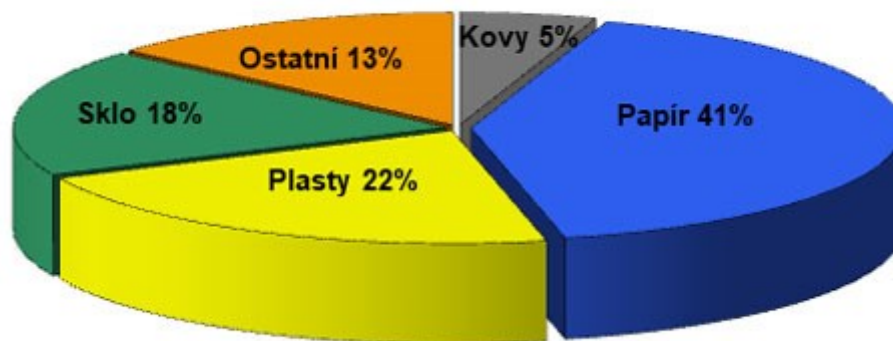


Obrázek 6: Vývoj zpracování plastových obalů v EU, Norsku a Švédsku v letech 2006–2016 [98]

V České republice je třídění odpadu již bráno jako samozřejmost. To je dáno díky propracovanému systému sběru tříděného odpadu, ale také osvětou obyvatel prostřednictvím školství, médií, ale také díky organizacím pořádající osvětové akce. Díky tomu v České republice třídí 73% obyvatel. [103]

Prakticky všechny vytríděné odpady z domácností tvoří obalové materiály. Obaly jsou složkou velkého množství výrobků. Jejich úkolem je ochránit zboží do doby, než dojde k jeho spotřebě. Tyto obalové materiály se rozdělují podle jejich užitku na prodejní, skupinové a přepravní. Podle počtu použitelnosti se rozdělují na jednorázové a opakovaně použitelné nebo podle materiálu na plastové, skleněné, papírové nebo kombinované. [104]

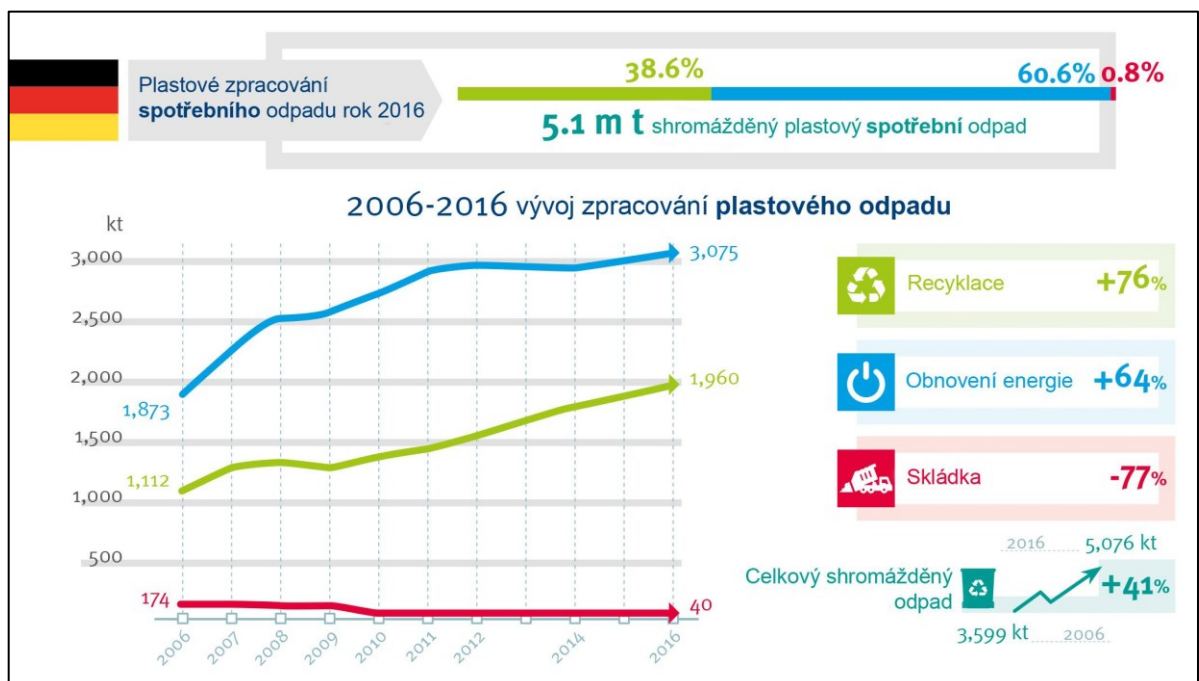
Dle údajů společnosti EKO-KOM bylo v roce 2017 uvedeno na trh a do oběhu 3 326 520 tun všech obalů. Jak ukazuje obrázek 7, nevratné obaly jsou vyráběny z různých materiálů, kdy největší část 41% tvoří papír, 22% plasty, 18% sklo, 5% kovy a 13% ostatní materiály. Z celkového množství obalů tedy plastové obaly tvořili 791 841 tun a z tohoto množství bylo recyklováno 69%. [104]



Obrázek 7: Struktura nevratných obalů v České republice v roce 2017 [104]

Největší zastoupení ve žlutém kontejneru mají PET lahve, které tvoří zhruba čtvrtinu těchto odpadů. Pětinu žlutých kontejnerů tvoří fólie, desetinu neplastové odpady a zbylou část tvoří ostatní plastové odpady [105].

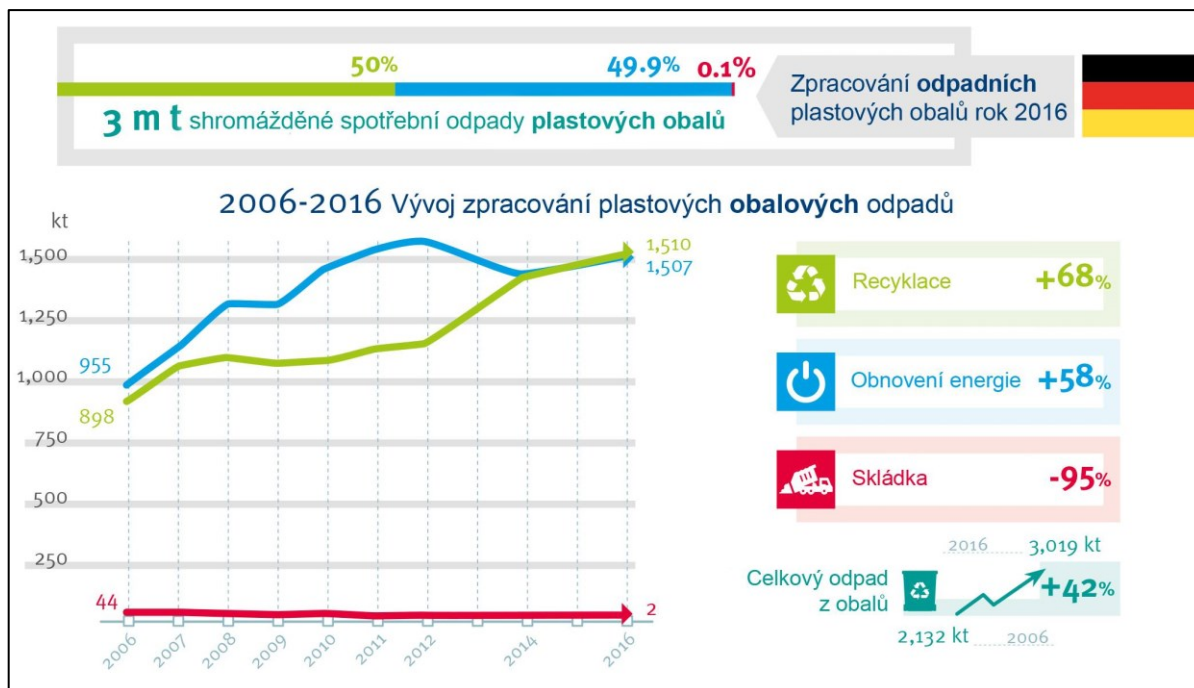
V Německu se roce 2016 zpracovalo celkem 5,1 milionů tun plastového odpadu. V rozmezí deseti let se tak recyklace zvýšila o 76 %, energetické zhodnocení vzrostlo o 64 % a skládkování se snížilo o 77 %, viz obrázek 8.



Obrázek 8: Vývoj zpracování plastového odpadu v Německu v letech 2006–2016 [98]

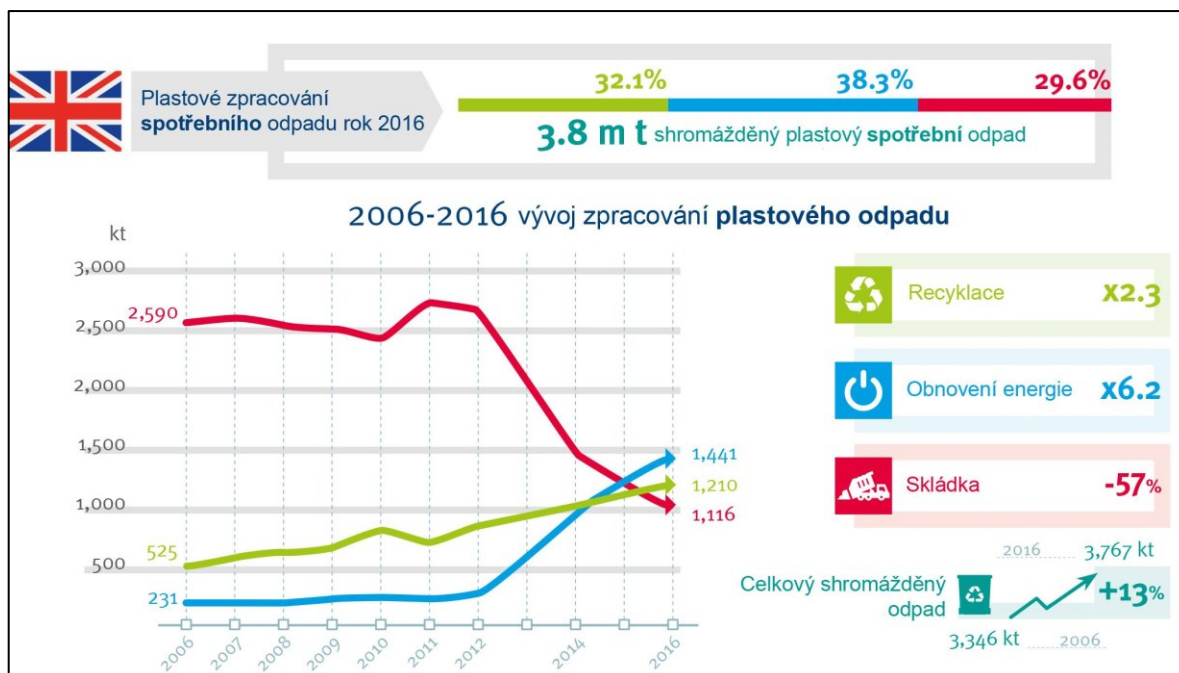
V Německu se v roce 2016 zpracovalo tři milionů tun plastových obalových odpadů. Za deset let se míra recyklace těchto plastových obalů zvýšila o 68 %, spalování

o 58 % a jejich skládkování se snížilo o 95 %, viz obrázek 9.



Obrázek 9: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Německu v letech 2006–2016 [98]

Ve Velké Británii se v roce 2016 vyprodukovalo celkem 3,8 milionu tun plastového odpadu. Od roku 2006 do roku 2016 vzrostla 2,3× recyklace, 6,2× energetické využití a skládkování se snížilo o 57 %, viz obrázek 10.



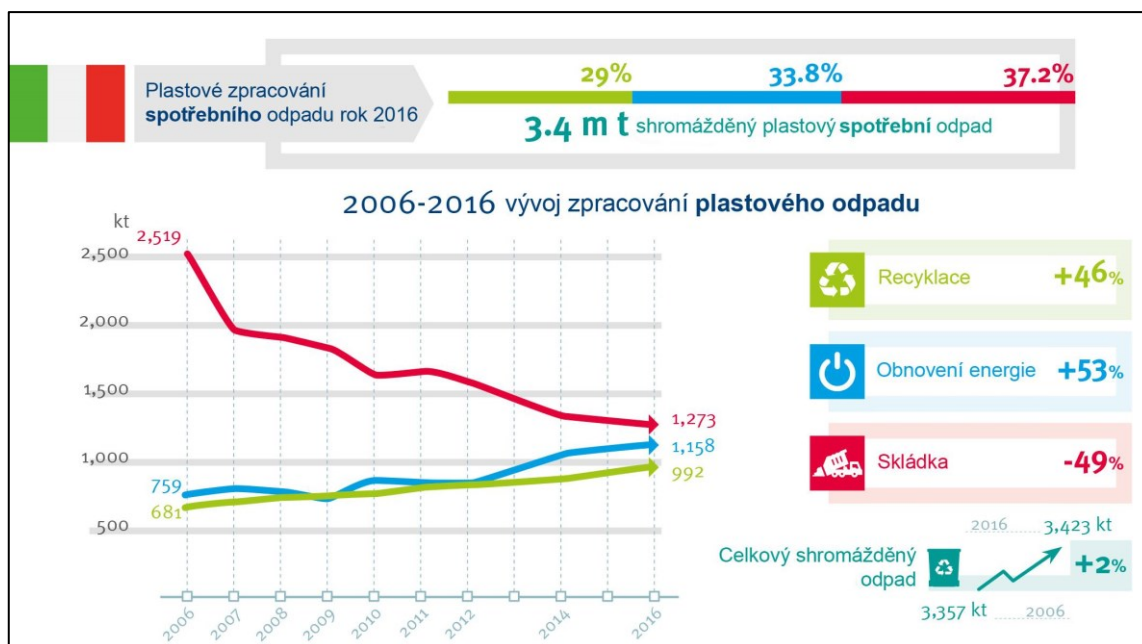
Obrázek 10: Vývoj zpracování plastového odpadu ve Velké Británii v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se ve Velké Británii zpracovalo 2,3 milionu tun plastových obalových obalů. Za deset let tak vzrostl objem plastových obalových odpadů v recyklaci 2,1×, energetické využití 5,4× a skládkování se snížilo o 66 %, viz obrázek 11.



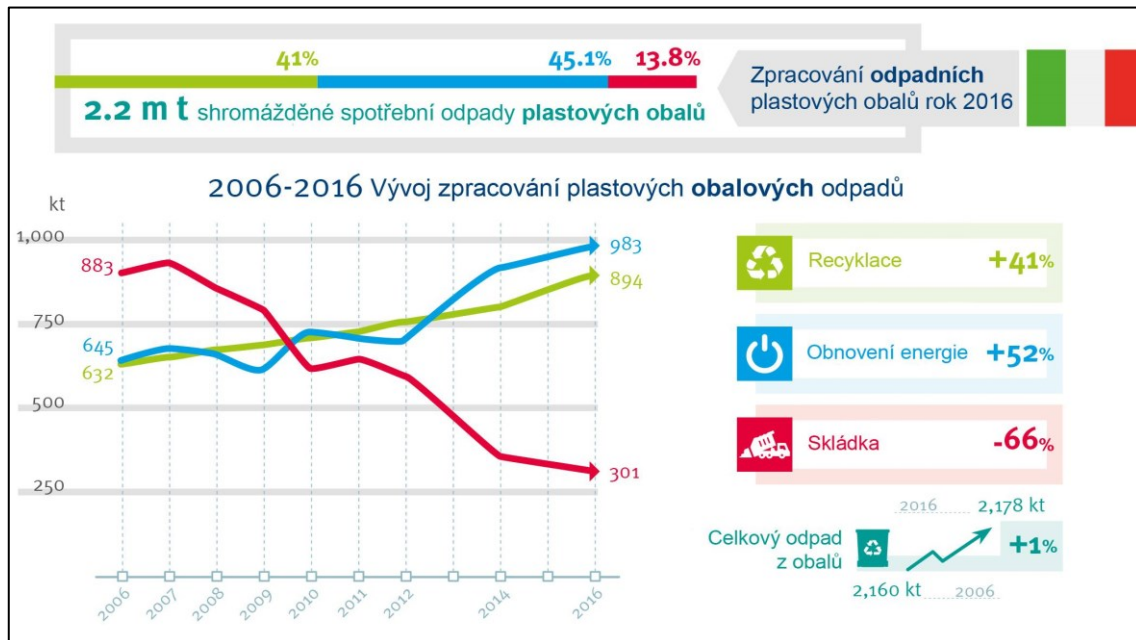
Obrázek 11: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Velké Británii v letech 2006–2016 [98]

V Itálii se roce 2016 vyprodukovalo celkem 3,4 milionů tun plastového odpadu. V letech 2006–2016 vzrostl objem recyklace o 46 %, energetické využití o 53 % a skládkování se snížilo o 49 %, viz obrázek 12.



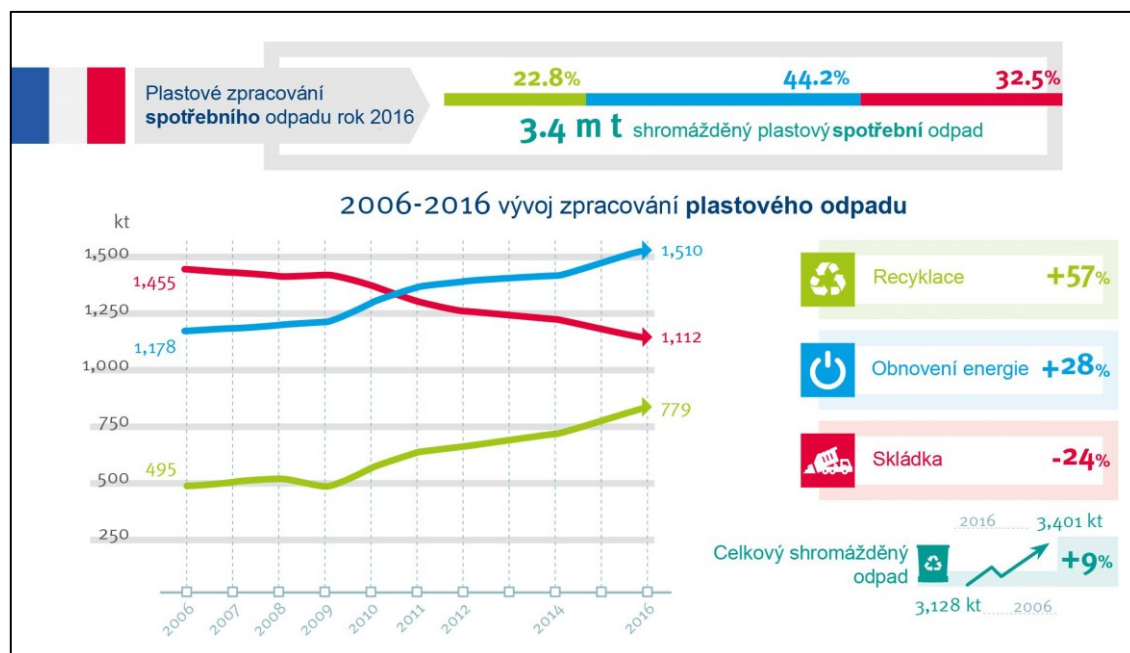
Obrázek 12: Vývoj zpracování plastového odpadu v Itálii v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se v Itálii zpracovalo 2,2 milionu tun plastového obalového odpadu. V letech 2006–2016 vzrostl objem recyklace obalů o 41 %, energetické využití o 52 % a skládkování se snížilo o 66 %, viz obrázek 13.



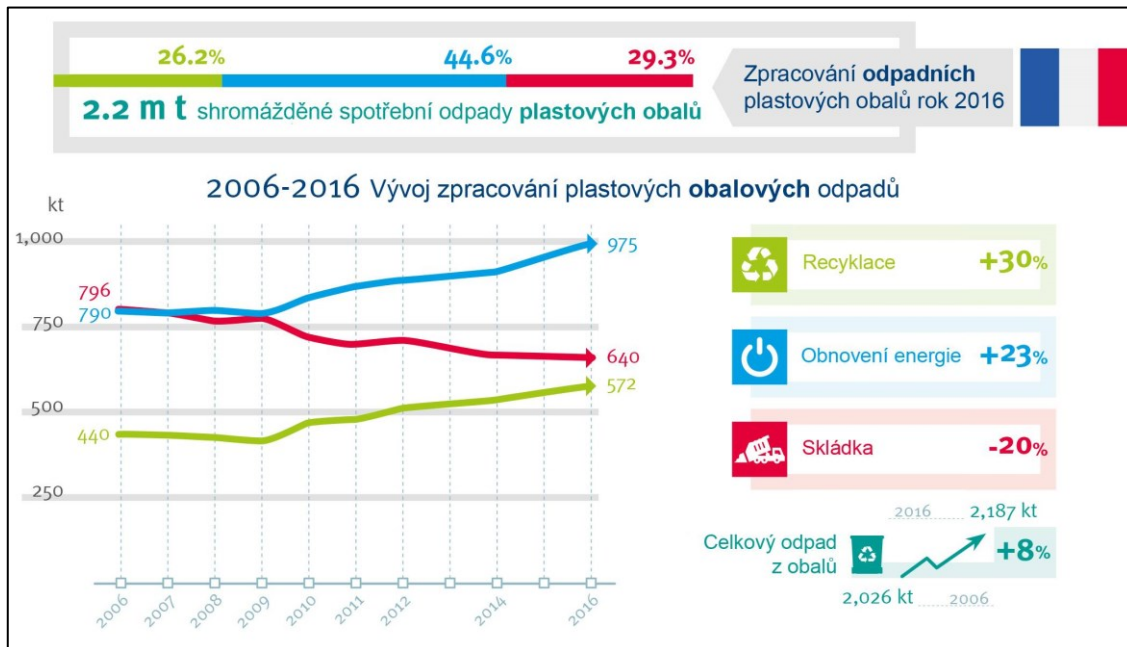
Obrázek 13: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Itálii v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se ve Francii vyprodukovalo 3,4 milionů tun plastového odpadu. V letech 2006–2016 vzrostl objem recyklace o 57 %, energetické využití o 28 % a skládkování se snížilo o 24 %, viz obrázek 14.



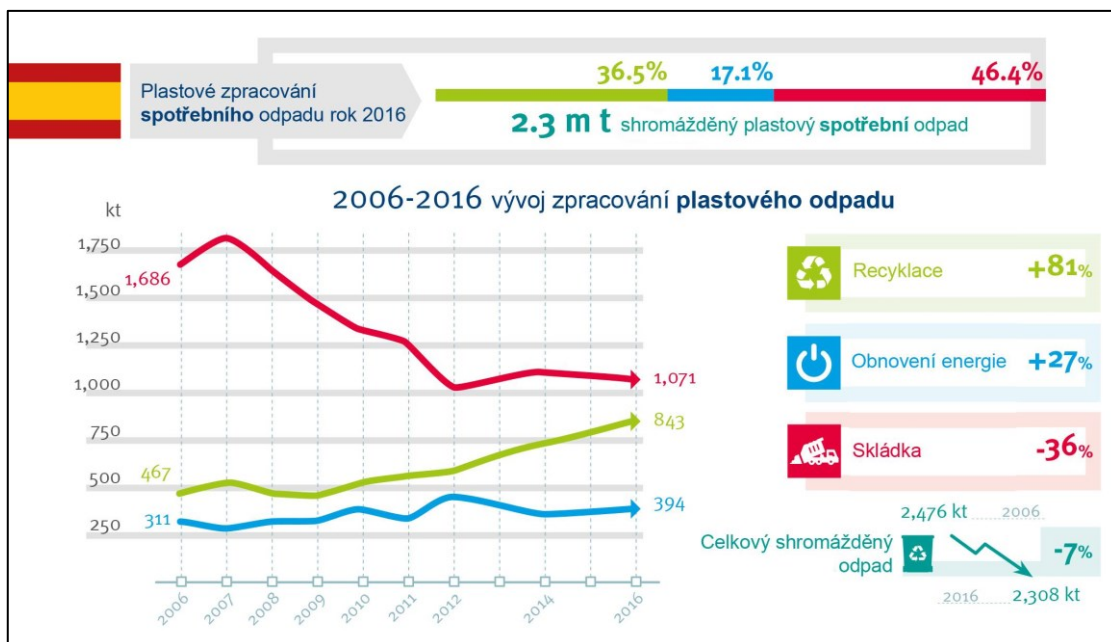
Obrázek 14: Vývoj zpracování plastových odpadů ve Francii v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se ve Francii vyprodukovalo 2,2 milionu tun plastového obalového odpadu. Za deset let vzrostl objem obalových odpadů v recyklaci o 30 %, energetické využití o 23 % a skládkování pokleslo o 20 %, viz obrázek 15.



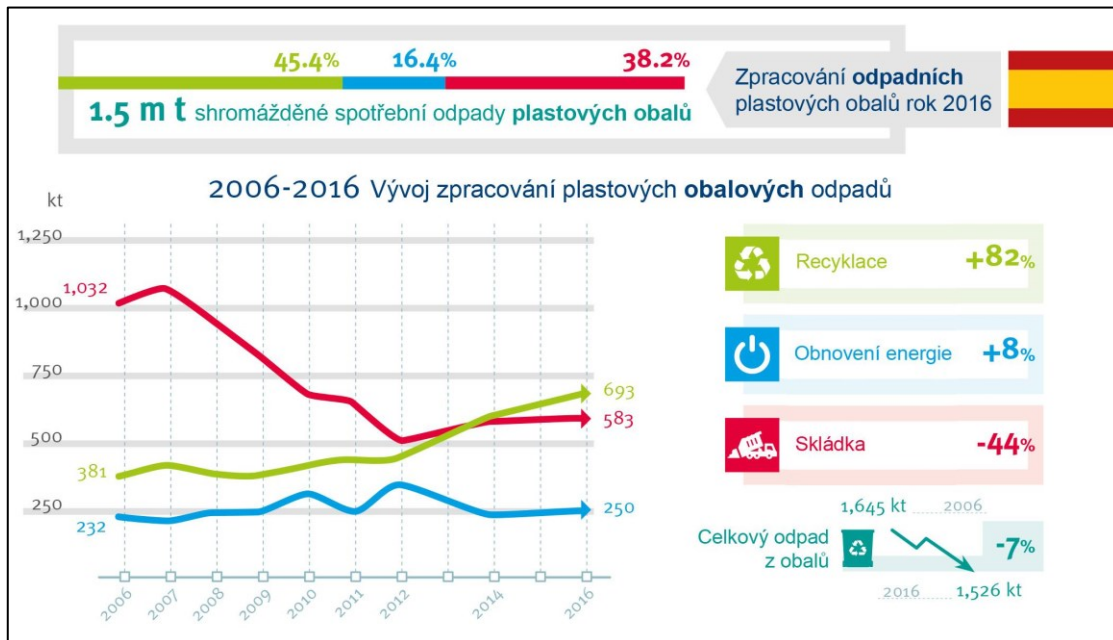
Obrázek 8: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Francii v letech 2006–2016 [98]

Ve Španělsku se roce 2016 vyprodukovalo 2,3 milionů tun plastového odpadu. Od roku 2006 do roku 2016 vzrostl objem recyklace o 81 %, energetické využití o 27 % a skládkování se snížilo o 36 %, viz obrázek 16.



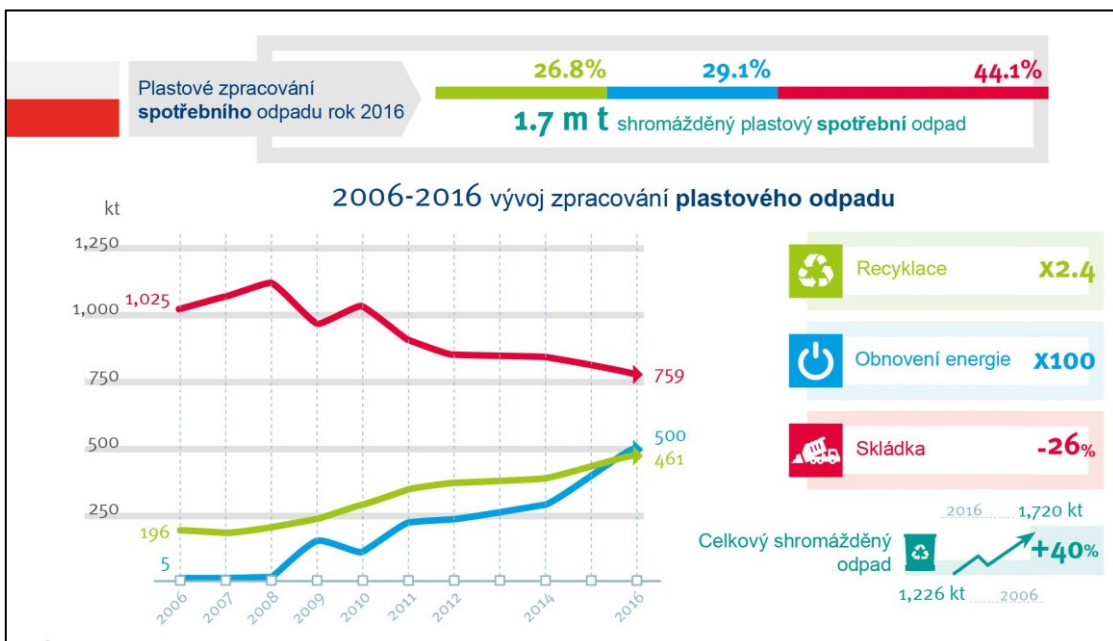
Obrázek 96: Vývoj zpracování plastových odpadů ve Španělsku v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se ve Španělsku vyprodukovalo 1,5 milionu tun plastového obalového odpadu. Od roku 2006 do roku 2016 vzrostl objem recyklace o 82 %, energetické využití o 8 % a skládkování se snížilo o 44 %, viz obrázek 17.



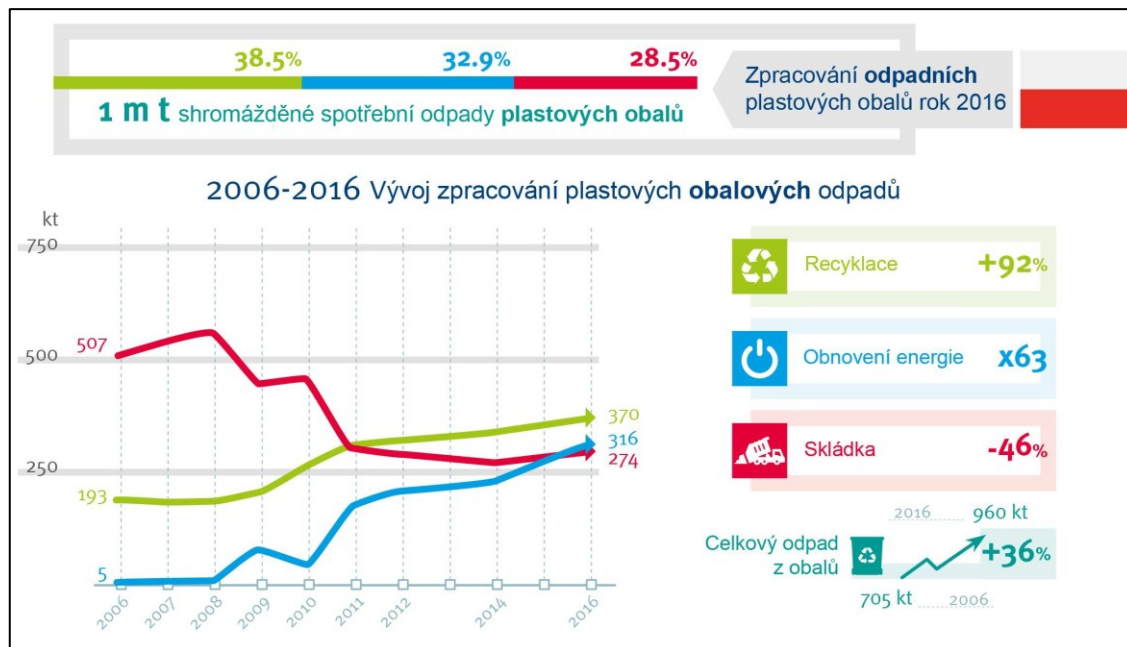
Obrázek 10: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Španělsku v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se v Polsku vyprodukovalo 1,7 milionu tun plastového odpadu. Od roku 2006 do roku 2016 vzrostla recyklace 2,4×, energetické využití 100× a skládkování se snížilo o 26 %, viz obrázek 18.



Obrázek 11: Vývoj zpracování plastového odpadu v Polsku v letech 2006–2016 [98]

V roce 2016 se v Polsku vyprodukoval 1 milion plastových obalových odpadů. Od roku 2006 do roku 2016 vzrostl objem recyklace obalů o 92 %, energetické využití se zvýšilo 63× a skládkování pokleslo o 46 %, viz obrázek 19.



Obrázek 12: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Polsku v letech 2006–2016 [98]

4.2 Plasty v oceánech

Naši zemi pokrývá ze 71 % voda. Je tedy zřejmé, že voda, ať už sladká nebo slaná, je velice důležitá pro život a závisí na ní vlastně celý ekosystém. Oceány, které pokrývají drtivou většinu plochy planety, jsou významnými regulátory celosvětového klimatu. Podobně jako u všech složek přírody dochází k jejich velkému znečišťování z různých zdrojů. Mezinárodní dohody se týkají spíše snižování ohrožení oceánů například ropnými skvrnami a tankery. V současné době jsou jedním z mnoha diskutovaných znečištění právě plasty. Vyskytují se hojně v mořích a oceánech a jsou jedním z největších problémů. Míra jejich znečištění každoročně neustále stoupá [106]. Odhaduje se, že 2 až 5 % všech vyrobených plastů skončí v oceánech. Některé z nich jsou ve formě mikroplastů. Přibližně se jedná o 270 000 t plovoucího plastového odpadu a včetně plastů na dně moří, to může být až 150 milionů tun. [107]

Plasty se do oceánů dostávají různými způsoby, ale většina se tam dostává z pevniny pomocí řek a moří, při chybách v procesu zpracování, pomocí větru, přírodních

katastrof (záplavy, hurikány, zemětřesení...), odlivu. Existují také oblasti, které nemají vybudovanou infrastrukturu pro svoz a likvidaci odpadů, a lidé proto odpady odhazují do přírody nebo přímo do vody, kde jednoduše zmizí. Přibližně 14 % plastů se do oceánů dostává prostřednictvím dopravy a rybolovu. Nejčastěji se jedná o pomůcky k rybaření, jako jsou sítě, pasti a různé náčiní, ale mnohdy i celé dopravní kontejnery. Studie prokázaly, že největší množství odpadů má původ z řek v Asii. [108]

Znečištění oceánů má negativní vliv nejen na lidskou populaci, ale na celý ekosystém. Plasty zabijí nespočet živočichů, nejčastěji z důvodu požití, ale také vegetace a korálů. Zvířata si totiž plasty pletou s potravou a ty poté zneprůchodní jejich trávicí trakt. Velké nebezpečí představují i rybářské sítě, do kterých se zvířata zamotají a následně pak zemřou z vyčerpání, hladem nebo následkem infekce. [109]

Dalším velkým problémem jsou mikroplasty. Vlivem slané vody a UV záření dochází k rozpadu plastů na velmi malé části. Do životního prostředí se však dostávají také používáním kosmetiky, do které jsou cíleně přidávány. Mikroplasty, nesoucí toxické látky, jsou pak pojídány malými živočichy a prostřednictvím potravinového řetězce se dostávají až do lidského těla. [110]

Odpad z moří putuje do oceánů, kde jsou pomocí oceánských proudů soustředovány do pěti oblastí. V těchto oblastech se pak shromažďují za vzniku tzv. Oceánských skvrn. Dle vyobrazení na obrázku 20 se největší akumulace odpadů nachází v Tichém oceánu mezi Havají a Kalifornií. [111]



Obrázek 13: Oblasti s výskytem plastových skvrn. [111]

Vlivem oceánských proudů a větrů se poloha a tvar Velké tichomořské odpadkové skvrny neustále mění. Je velmi nepravděpodobné, že odpady tuto oblast samovolně opustí.

Naopak předpokládá se, že koncentrace těchto plastových odpadů a mikroplastů se bude v budoucnu neustále zvyšovat. [111]

Průzkumem největší oceánské skvrny se zabývá nezisková organizace Ocean Cleanup, která v této oblasti provádí průzkumné expedice. Proběhlo zde podrobné vzorkování, kterým se zjistilo, že střed skvrny má nejvyšší hustotu plastových odpadů a ty prostupují do hloubky až několika metrů. Na základě výsledků odborníci odhadují velikost Velké tichomořské odpadkové skvrny na 1,6 milionů kilometrů čtverečních o váze přibližně 80 000 t. Nové výpočty jsou 4–16× vyšší než původní odhady. [112]

Organizace Ocean Cleanup zahájila 8. září 2018 projekt na čištění oceánu nazvaný Systém 001, kdy se prvořadě soustředí na oblast s největším znečištěním [113]. Jelikož je rozsah oblasti velký, nebylo možné využít sběr normálními plavidly. Systém je složen z 600 m dlouhém plováku, který ve tvaru písmene U pluje po hladině. K plováku je připevněna přepážka sahající do hloubky 3 m. Zároveň je velmi flexibilní, aby odolal silám vln, a to i při bouři. Systém je unášen větrem a vlnami, kdy jeho volným pohybem dochází k zachytávání plastového odpadu od velikosti několika milimetrů. Systém obsahuje také elektroniku a navigační systémy, které jsou závislé na energii. Ty jsou napájeny sluneční energií. Jelikož se zasažená oblast nachází mimo standartní přepravní trasy, je velmi malá pravděpodobnost střetu s lodí. Pro tyto případy je však systém opatřen lucernami, reflektory, majáky, navigačními signály a GPS, které vysílají informace o jeho přítomnosti blížícím se lodí a pobřežní stráží. Členové organizace při vývoji mysleli také na ochranu živočichů, kteří mohou přijít do kontaktu se systémem. Avšak díky velmi malé rychlosti plováku živočichové mohou odplavat. Clona pod vodou je neproniknutelná, proud tedy navede živočichy k jejímu podplavání, a jelikož není ze sítí, nemohou se tak do ní zaplést. [114]

Systém se již potýkal i s technickým problémem, a bylo nutné, aby se vrátil zpět do přístavu. Ze záchytné plovoucí bariéry se totiž odlomila 18 m dlouhá část, na které byly umístěny komunikační senzory. Příčinou závady byla zřejmě únava materiálu, jelikož tento díl je namáhán značným tlakem. Avšak i přes uvedené potíže se systému za tříměsíční chod podařilo zachytit přibližně dvě tuny plastového odpadu a nasbírat také spoustu dat, která pomohou při projektování další fáze výzkumu. [115]

4.3 Řešení problematiky plastového odpadu

Drtivá většina produktů je zabalena do plastových obalů. Má to svůj důvod. Plast je totiž lehký, a tak zajišťuje nejen jednoduchou manipulaci, ale i zdravotní nezávadnost zabalených výrobků (sterilitu). Chrání je rovněž před poškozením. Avšak co se týče zdravotní stránky, tak sklo je stále ideálním obalovým materiálem. Je inertní, neovlivňuje nebezpečné látky a neovlivňuje vzhled, chuť a vůni uložených potravin. Má však i své nedostatky, mezi které patří především jeho hmotnost a křehkost. [116]

Plastové obaly, díky své hmotnosti, nabízí možnost přepravy potravin na větší vzdálenost za mnohem nižší finanční náklady na přepravu a bez nutnosti chlazení. Další výhodou je, že na výrobu a recyklaci plastových obalů je také spotřebováno mnohem méně energie. Naopak skleněné obaly se dají velmi dobře recyklovat, a recyklaci lze provádět nesčetněkrát, pokud je odpadní materiál kvalitně přetříděn. To potvrzuje, že v České republice recyklací a tříděním prošlo 75 % odpadního skla. Výroba a recyklace s sebou ale nese vyšší náklady na spotřebu energií a také vyšší „uhlíkovou stopu“. Při opakovaném použití je nutné skleněné obaly vymývat, což má za vinu vyšší spotřebu a kontaminaci vody, a je nutné je před užitím uskladnit. [117] [118] [119]

Jedním z řešení dané problematiky by mohlo být zálohování PET lahví, které jsou navíc z materiálového hlediska jedním z cenných odpadů. Je proto poměrně jednoduché s nimi obchodovat. V současnosti v České republice se z vyprodukovaného celku PET lahví zrecykluje celkem 57 %, čímž jsou splněny aktuální požadavky Evropské unie [120].

Cílem zálohování je zvýšit vytríděnost PET až na 90 %. Princip by měl být podobný, jako se zálohovanými skleněnými obaly. Prázdné a nepoškozené lahve by tedy bylo nutné dovézt do obchodu, kde budou zkontrolovány automatem a následně bude vrácena výše zálohy. O výši zálohy je stále diskutováno, ale předpokládá se 3–5 Kč za kus [121]. Prodejci nápojů si následně sjednají svoz těchto obalů a budou je přetvářet na nové, tzv. „rPET“ obaly. [120][122]

Možnost zálohování PET lahví má však v České republice jak své příznivce, tak i odpůrce. Ti, kteří tuto myšlenku podporují, poukazují na praktické zkušenosti některých států (Německo, Dánsko, Finsko, Švédsko a Estonsko), ve kterých se tento systém již osvědčil. Dalším jejich argumentem je významné snížení míry znečištění životního

prostředí těmito odpady. Avšak jeho odpůrci poukazují na skutečnost, že žádná ze zemí, ve které se osvědčilo zálohování, nemá tak promyšlený a fungující sběr plastů jako Česká republika. [120][123]

Znečištění životního prostředí není způsobeno pouze PET lahvemi, tudíž sice dojde k omezení znečištění, ale nebude tak razantní. Navíc dojde ke zvýšení spotřeby paliv a tím také produkce CO₂, jelikož bude nutné plasty vyvážet z kontejnerů, obchodů. Rovněž spotřebitelé je budou muset k výkupnímu automatu dopravit. Otázkou také zůstává, jaký zájem bude o vytríděný plastový odpad ze žlutých kontejnerů. Tento odpad již nebude obsahovat cenný PET materiál, o který mají odběratelé největší zájem. Samotná společnost EKO-KOM a. s. má zájem o rozvoj současného systému sběru a vyjádřila obavu z možnosti demotivace obyvatel k třídění dalších plastů. [123][124]

Dalším krokem pro omezení plastových odpadů a jejich dopad na životní prostředí bylo zpoplatnění plastových tašek v obchodech. Ke dni 1. ledna 2018 vešla v platnost novela zákona o obalech, která omezuje využití plastových tašek. Do konce roku 2017 se plastové tašky získávaly od většiny prodejců zdarma k nákupu. Novela neurčuje poplatek, za který tašku prodejce může prodávat, ale minimální cena musí být ve výši její pořizovací ceny. Zpoplatnění se vztahuje na veškeré igelitové tašky, které mají tloušťku větší než patnáct mikronů. Novela se tedy nevztahuje na mikrotenové sáčky, které jsou dalším odpadem, který výrazně ovlivňuje životní prostředí. [125]

Negativní dopady plastů na životní prostředí se projednávaly také na půdě Evropského parlamentu. Na základě jejich jednání vznikl návrh Směrnice Evropského parlamentu a Rady o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí 2018/0172. Komise vytýčila deset plastových výrobků, které se nejčastěji vyskytují v životním prostředí, a navrhuje jejich postupné vymýcení. Mezi tyto výrobky patří především jednorázové plastové výrobky, jako jsou vatové tyčinky, talíře, přístroje, brčka, míchátko, tyčky k balónkům, polystyrenové boxy a oxoplasty. Jednorázové nápojové obaly jsou povoleny za předpokladu, že jejich uzávěry jsou přichyceny k nádobě. Zároveň by mělo docházet k omezení užívání dalších plastových výrobků, jako jsou nápojové kelímky a obaly na potraviny. Směrnice také rozšiřuje odpovědnost a povinnosti pro výrobce plastů. Ti by nově měli mít podíl na nákladech souvisejících s úklidem nakládáním s odpady a osvětou. Tato změna se týká výrobců potravinových nádob, nápojových kelímků a obalů,

cigaretových filtrů, cigaretových filtrů, vlhčených ubrousků, balonků, sáčků a obalů potravin, ale také lovných zařízení. [126]

Na základě této směrnice a v rámci ochrany životního prostředí a redukce využití plastů vytvořilo v roce 2018 Ministerstvo životního prostředí České republiky kampaň „Dost bylo plastu“. Cílem této kampaně je podpořit informovanost obyvatel o škodlivosti plastů a ukázat, že je možné prožít život bez jednorázových plastů. Touto kampaní chce ministerstvo docílit připravenosti obyvatel na budoucí zákaz produkování jednorázových plastů. Princip této kampaně je uzavření dobrovolné dohody se společnostmi a úřady. Ti, na základě dohody, snižují užívání jednorázových plastů. Při úspěšném plnění stanovených podmínek získávají společnosti a úřady publicitu v rámci této kampaně a případně dalších souvisejících kampaní a mají tak možnost užívat logo a heslo kampaně. [127][128]

Velice úspěšný se stal také projekt „Otoč kelímek“, který spustily v červnu 2018 tři kavárny. Cílem projektu bylo omezit vznik dalších odpadů z kelímků na kávu, které se v České republice nerecyklují. Princip je velmi jednoduchý. Zákazník při objednávce své kávy sdělí, že žádá o vratný kelímek, za který uhradí vratnou zálohu 50 Kč. Po použití zákazník prázdný kelímek vrátí ve kterémkoli podniku, který je zapojený do projektu. Projekt se velmi rychle rozšířil a v nyní je do něj zapojeno dvě stě čtrnáct podniků po celé České republice. [129][130]

Vzhledem k rostoucímu objemu produkováných plastů a následným legislativním omezením čím dál více výrobců a prodejců využívají výrobky z biodegradabilních plastů (BDP), které se velmi podobají klasickým plastům. Biodegradabilní, neboli biologicky rozložitelné plasty jsou materiály, které se vyrábí jak z obnovitelných (celulóza, kolagen, škrob, viskóza, polyhydroxyalkanoáty (PHA) a kyselina polymléčná (PLA)), tak z neobnovitelných zdrojů (polyvinylalkohol (PVA), polykaprolakton (PCL), polyethylen (PE), a další), případně je možné využít jejich kombinace.

K rozkladu dochází na základě působení mikroorganismů (bakterií, hub a řas) a vhodných podmínek, jako jsou teplota, vlhkost, pH, a podobně. Po jejich degradaci zůstává v prostředí oxid uhličitý, metan, voda a biomasa. Biologicky rozložitelné plasty nepředstavují velké riziko pro životní prostředí, jelikož se jedná o materiál, který není perzistentní. [131][132]

V současné době se však objevují problémy, týkající se těchto výrobků. Především

se jedná o jejich identickou podobu klasickým plastů. To způsobuje, že je lidé ani pracovníci kompostáren nerozeznají, a dochází tak k chybnému vytrídění. Pokud se biodegradabilní plast objeví v bioodpadu, je vytríděn společně s dalšími nečistotami a skončí na skládkách. Naopak pokud je vhozen do kontejneru na plast, může způsobit problémy při recyklaci nebo snížit jakost recyklátu. V České republice se nevyskytuje kompostárna přizpůsobená pro odstraňování biodegradabilních plastů. Jelikož je většina kompostáren kompostuje na volných plochách, není možné zajistit vhodné podmínky pro jejich rozklad. [133]

ZÁVĚR

O plastu se dnes mluví jako o epidemii, která se nekontrolovaně rychle šíří a zanechává za sebou nesmazatelné ekologické stopy. V oceánech vznikají plastové ostrovy, ryby konzumují plastové zbytky a člověk zase je. Nicméně skoncovat s používáním plastu není tak jednoduché. Jsme jimi obklopeni a život bez nich si neumí představit prakticky žádný člověk. Objem výroby plastových výrobků a tím i odpadů každoročně narůstá a z plastu se s postupem času stal dobrý sluha, ale zlý pán.

Existuje velké množství různých plastů, které jsou doplňovány o další příměsi. To se děje z důvodu získání co nejlepších vlastností pro výrobu konkrétních produktů. I přes odlišné složení plastů, je možné je recyklovat. Zásadní roli při tom hraje důkladná separace jednotlivých druhů. Po tomto kroku je možné přistoupit ke zvolené technologii recyklace plastů. Jednotlivé technologie se liší způsobem recyklace výrobků, kdy každá z nich má ale v podstatě jiný výsledek. Surovinová recyklace využívá chemických reakcí k získání vstupních látek a bývá jak ekonomicky, tak technologicky náročnější. Další možností je energetická recyklace, která využívá vysoké výhřevnosti plastů k získání energie. Tímto procesem však dochází k definitivní likvidaci plastů bez možnosti jejich dalšího využití. Mechanická recyklace je nejčastěji používaná technologie a řadí se mezi ekonomicky nenáročný proces, při kterém je cílovým produktem plastový recyklát ve formě vloček nebo granulátu. Tímto způsobem je možné plasty opětovně využít pro výrobu nových výrobků stejné nebo podobné jakosti a bez použití stále se snižujících zásob ropy. Z takto recyklovaných plastů se vyrábí velké množství různých nových výrobků, které nachází uplatnění jak v domácnostech, tak prakticky ve všech průmyslových odvětvích. Dnes se do popředí stále více dostávají 3D tiskárny, což jsou v podstatě zase plasty. V současnosti lze jejich náplně vyrábět z recyklovaných plastů pomocí jednoduchých procesů.

I přes veškeré dostupné technologie je na světě obrovské množství plastů, které se negativně podepisuje na ekosystému. Je potřebné objem výroby plastů redukovat na co nejnížší množství. Tím se aktuálně zabývají vlády všech zemí, ve kterých dochází k legislativním úpravám. Úprava legislativy však nevyřeší všechny problémy týkající se plastového znečištění. S novými plastovými materiály je potřeba rozvíjet recyklační procesy a vyvíjet nové technologie. Příkladem můžou být nové technologie na zachytávání a odstraňování mikroplastů nebo zařízení pro kompostování biodegradabilních plastů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PlasticsEurope. *What are Plastics*. In: www.plasticseurope.org [online]. Brusel: © 2019 [cit. 5.1.2019]. Dostupné z: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>.
- [2] TESÁŘÍK, Bohumil. Umělé hmoty: 150 let celuloidu. In: www.3pol.cz [online]. 21. 5. 2012 [cit. 5.1.2019]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/bez-zarazeni/285-umele-hmoty-150-let-celuloidu>.
- [3] TESÁŘÍK, Bohumil. Celuloid. In: www.kulatysvet.cz [online]. Břeclav. 29. 10. 2018 [cit. 5.1.2019]. Dostupné z: <https://www.kulatysvet.cz/2018/10/celuloid/>.
- [4] SWICO FIL AG. Rayon Viscose. In: old.swicofil.com [online]. 2015 [cit. 15.1.2019]. Dostupné z: <http://old.swicofil.com/products/200viscose.html>.
- [5] Plastics Make it Possible®. Bakelite: The Plastic That Made History. In: www.plasticsmakeitpossible.com [online]. 8. 8. 2012. 29. 10. 2018 [cit. 7.1.2019]. Dostupné z: <https://www.plasticsmakeitpossible.com/whats-new-cool/fashion/styles-trends/bakelite-the-plastic-that-made-history/>.
- [6] STEJSKALOVÁ, Helena. Jak vznikl celofán? Odpověď neuhádnete!. *EpochaPlus* [online]. 8.12.2015. RF Hobby, [cit. 7.1.2019]. Dostupné z: <https://epochaplus.cz/muze-za-vznik-celofanu-rozlite-vino/>.
- [7] DERO, Brigitte. 100 Years of PVC. In: chemanager-online.com [online]. 5.2.2013 [cit. 8.1.2019]. Dostupné z: <https://www.chemanager-online.com/en/topics/chemicals-distribution/100-years-pvc>.
- [8] FLAVELL-WHILE, Claudia. Waldo Semon – Rubber, PVC and... bubblegum?. In: thechemicalengineer.com [online]. 1.5.2010 [cit. 8.1.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Waldo-Semon>.
- [9] Plastics Make it Possible®. High Density Polyethylene (HDPE): So Popular. In: www.plasticsmakeitpossible.com [online]. 21. 5. 2015. 29. 10. 2018 [cit. 8.1.2019]. Dostupné z: <https://www.plasticsmakeitpossible.com/about-plastics/types-of-plastics/professor-plastics-high-density-polyethylene-hdpe-so-popular/>.
- [10] New World Encyclopedia. *Polyethylen* [online]. 11. května 2015 [cit. 11.1.2019]. Dostupné z: <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Polyethylene#History>.
- [11] JAGGER, Anna. Polyethylene: discovered by accident 75 years ago. In: icis.com [online]. London. 8.5.2008 [cit. 11.1.2019]. Dostupné z: <https://www.icis.com/resources/news/2008/05/12/9122447/polyethylene-discovered-by-accident-75-years-ago/>.
- [12] WOLFE, J. Audra. Nylon: A Revolution in Textiles. In: sciencehistory.org [online]. 2008 [cit. 12.1.2019]. Dostupné z:

- <https://www.sciencehistory.org/distillations/magazine/nylon-a-revolution-in-textiles>.
- [13] WHAT IS POLYESTER. *History of Polyester* [online]. © 2015 [cit. 13.1.2019]. Dostupné z: <http://www.whatispolyester.com/history.html>.
- [14] Plastics Make it Possible®. Polyester: Not Just Your Father's Leisure Suit. In: *www.plasticmakeitpossible.com* [online]. 9. 9. 2013. 24. 10. 2018 [cit. 13.1.2019]. Dostupné z: <https://www.plasticmakeitpossible.com/whats-new-cool/fashion/types-of-fabric/polyester-not-just-your-fathers-leisure-suit/>.
- [15] American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks. Polypropylene and High-density Polyethylene. In: *acs.org* [online]. © 2019 [cit. 14.1.2019]. Dostupné z: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/polypropylene.html>.
- [16] New World Encyclopedia. *Polyethylen* [online]. 11. května 2015 [cit. 14.1.2019]. Dostupné z: <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Polyethylene#History>.
- [17] EPSA. *BY EPS* [online]. © 2014 [cit. 15.1.2019]. Dostupné z: <http://epsa.org.au/about-eps/>.
- [18] BARRETT, Axel. The Future of Polystyrene. In: *bioplasticsnews.com* [online]. 8.8.2018 [cit. 15.1.2019]. Dostupné z: <https://bioplasticsnews.com/2018/08/08/future-of-polystyrene/>.
- [19] PLASTY. Oddělení povrchového inženýrství: *Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní* [online]. Plzeň [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.opi.zcu.cz/plasty.pdf>.
- [20] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. © Code Creator. distribuce publi.cz. 2016 [cit. 18.1.2019]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/1992148/>.
- [21] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0617-6.
- [22] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. © Code Creator. distribuce publi.cz. 2016 [cit. 18.1.2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/18.html>.
- [23] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. © Code Creator. distribuce publi.cz. 2016. [cit. 18.1.2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/21.html>.
- [24] POLYETYLÉN. *FTP Plastics* [online]. Velká Bystřice: FTP Plastics [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://www.vyrobkyzplastu.cz/fotky33000/fotov/_ps_176POLYETHYLEN.pdf.
- [25] MLEZIVA, Josef. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepr. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-859-2072-7.
- [26] POLLÁK, V. Polyvinylchlorid (PVC). *MatNet Slovensko* [online]. Slovakia: Ústav

- polymérov SAV, 2006, 2006 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=483>.
- [27] POLLÁK, V. Polystyrén (PS). *MatNet Slovensko* [online]. Slovakia: Ústav polymérov SAV, 2006, 2006 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=508>.
- [28] PC POLYKARBONÁT [online]. Praha: RESINEX [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.resinex.cz/polymerove-typy/pc.html>.
- [29] Mikroplasty. *ECHA EUROPEAN CHEMICALS AGENCY* [online]. Finsko [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/hot-topics/microplastics>.
- [30] Microplastics: sources, effects and solutions. News *EUROPEAN PARLIAMENT* [online]. 2018, 22.1.2018 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181116STO19217/microplastics-sources-effects-and-solutions>.
- [31] GREŇČÍKOVÁ, Anna, Paula BRANDEBUROVÁ, Josef RYBA, Stanislava VLČKOVÁ a Tomáš MACKUŠAK. MIKROPLASTY AKO ENVIRONMENTÁLNE RIZIKO. *Chem. Listy*. 2019, **2019**(113), 16-22. ISSN 1213-7103.
- [32] DRIS, Rachid, Johnny GASPERI, Mohamed SAAD, Cécile MIRANDE a Bruno TASSIN. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment?. *Marine Pollution Bulletin*. [online]. 2016, **104**(1-2), 290-293 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.006. ISSN 0025326X.
- [33] HE, Defu, Yongming LUO, Shibo LU, Mengting LIU, Yang SONG a Lili LEI. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2018, 109, 163-172 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1016/j.trac.2018.10.006. ISSN 01659936.
- [34] LASKAR, Nirban a Upendra KUMAR. Plastics and microplastics: A threat to environment. *Environmental Technology & Innovation*. [online]. 2019, 14 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1016/j.eti.2019.100352. ISSN 23521864.
- [35] Stanovisko ke zprávám médií o výskytu mikroplastů v pitné vodě a jeho zdravotnímu riziku. *STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV* [online]. Praha, 2018, 22. 9. 2017 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/mikroplasty?highlightWords=mikroplasty>.
- [36] EuroClean. Mikroplasty, co to je a jak se jich zbavit. In: *euroclean.cz* [online]. 11.9.2017 [cit. 5.4.2019]. Dostupné z: <https://euroclean.cz/clanky/mikroplasty-co-to-je-a-jak-se-jich-zbavit/>.
- [37] NACHTIGAL, Milan. Možnosti recyklace PVC (I.): Je mezi plasty výjimkou?. *ODPADY* [online]. Praha: Profi Press, 2001, 24. 10. 2001 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/moznosti-recyklace-pvc-i/>.

- [38] HUTR, Karel. Problém s likvidací odpadu: Kolabuje trh s plasty a Brusel chce jejich používání zdanit. *Čti doma* [online]. Praha: Centa, 2018, 22.01.2018 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.ctidoma.cz/zpravodajstvi/2018-01-22-problem-s-likvidaci-odpadu-kolabuje-trh-s-plasty-brusel-chce-jejich>.
- [39] BOŽEK, František, Zdeněk ZEMÁNEK a Rudolf URBAN. *Recyklace*. Vyškov, 2003. ISBN 80-238-9919-8.
- [40] BROŽOVÁ, Silvie. *Možnosti recyklace vybraných materiálů: Możliwości recyklingu wybranych materiałów*. Ostrava: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-880-9.
- [41] MediaIT SP.z. *Proces recyklingu odpadów - czym jest i jakie są jego rodzaje?* [online]. Wrocław. 1.10.2018 [cit. 20.1.2019]. Dostupné z: <https://poradnikprzedsiębiorcy.pl/-czym-jest-recykling>.
- [42] *Sborník referátů Recyklace plastů*: Praha, 23.11.2000. Praha: BIJO TC, [2000]. Aktuální ekologické otázky E 2000. Sborníky. BIJO TC (Praha, Česko).
- [43] Umweltberatung Luzern. *Kunststoff-Recycling*. In: umweltberatung-luzern.ch [online]. 27.2.2018 [cit. 20.1.2019]. Dostupné z: <https://umweltberatung-luzern.ch/themen/abfallarten-und-wertstoffe/kunststoff-recycling>.
- [44] SMLSAL, Matěj. Takový je osud plastu ze žlutých popelnic. Půlka končí na skládce. *Idnes* [online]. 15.11.2018 [cit. 20.1.2019]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/xman/styl/recyklace-plasty-tridirna-smlsal.A181113_101131_xman-styl_fro.
- [45] KROPÁČEK, Ivo. Pytlový sběr odpadů [online]. Brno: Hnutí Duha. duben 2005 [cit. 23.1.2019]. Dostupné z: http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/Pytlovy_sber_odpadu.pdf.
- [46] EKO-KOM. *Mýty v oblasti odpadů*. In: jaktridit.cz [online]. © 2019 [cit. 23.1.2019]. Dostupné z: <https://www.jaktridit.cz/cz/rady-a-tipy/myty-v-oblasti-odpadu/kontejnery-na-trideny-odpad-jsou-malokde>.
- [47] EKO-KOM. Příběh plastu. In: *samosebou.cz* [online]. 2016 [cit. 31.1.2019]. Dostupné z: <https://old.samosebou.cz/cyklus-tv/pribeh-plastu>.
- [48] Průmyslová ekologie. Třídění a recyklace plastů. In: *prumyslovaekologie.cz* [online]. 12.06.2018 [cit. 25.1.2019]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/104113/trideni-a-recyklace-plastu.aspx>.
- [49] POSPÍŠIL, Ladislav. *RECYKLACE TERMOPLASTŮ, TERMOSETŮ A PRYŽÍ* [online]. 2010 [cit. 24.1.2019]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2010/C7935/RECYKLACE_TERMOPLASTU__TERMOSETU_A_PRYZI_3_2010.ppt.

- [50] KEPÁK, František. *Průmyslové odpady*. Vyd. 2. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010-. ISBN 978-80-7414-228-4.
- [51] PlasticsEurope. *RECYKLING I ODZYSK ENERGII*. In: www.plasticseurope.org [online]. Brusel: © 2019 [cit. 25.1.2019]. Dostupné z: <https://www.plasticseurope.org/pl/focus-areas/circular-economy/zero-plastics-landfill/recycling-and-energy-recovery>.
- [52] Odpadový hospodář. *RECYKLACE ODPADŮ*. In: odpadovy-hospodar.cz [online]. © 2016 - 2019 [cit. 27.1.2019]. Dostupné z: <http://odpadovy-hospodar.cz/recyklace/recyklace-odpadu>.
- [53] SEDLÁŘ, Oldřich, Bohumil NAVRÁTIL a Jan KADLEC. *Pryže a plasty jako druhotné suroviny*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.
- [54] NACHTIGAL, Milan. *MOŽNOSTI RECYKLACE PVC III.: JE MEZI PLASTY VÝJIMKOU?. ODPADY* [online]. Praha: Profi Press, 2001, 19. 12. 2001 [cit. 28.1.2019]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/moznosti-recyklace-pvc-iii/>.
- [55] GAJDUŠKOVÁ, Lucie. *RECYKLACE VÝROBKŮ Z PVC*. Zlín. 2009. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Jitka Zýková.
- [56] MOLEK, Tomáš. *Pyrolýza - princip, historie a současnost*. In: oenergetice.cz [online]. 21.2.2017 [cit. 28.1.2018]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost/>.
- [57] MIKULEC, Václav. *Pyrolýza plastů*. Gymnázium Jana Nerudy, škola hl. m. Prahy. In: 1.fs.cvut.cz [online]. 2017 [cit. 30.1.2019]. Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2017/sbornik_2017/pdf/92.pdf.
- [58] KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha: Český ekologický ústav, 1994. ISBN 80-85087-32-4.
- [59] FEČKO, Peter. *Problematika komunálního odpadu na Ostravsku*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2281-5.
- [60] PEER, Václav a FRIEDEL, Pavel. *Zplyňování – principy a reaktory*, In: *TZB-info* [online]. 25.1.2016 [cit. 30.1.2019]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/13729-zplynovani-principy-a-reaktory>.
- [61] KUKAČKA, Jan a RASCHMAN, Robert a LEDERER, Jaromír. *Možnosti energetického využití komunálních odpadních plastů. ODPADOVÉ FÓRUM* [online]. 10/2010, (14/16) [cit. 31.1.2019]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/upload/pageFiles/10-2010-pdf.pdf>.
- [62] FIEDOR, Jiří, et al. *Možnosti zplyňování vybraných druhů termosettů*. In *Recyklace odpadů XIII*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2009. s. 47-52. ISBN

978-80-248-2073-6.

- [63] KURAŠ, Mečislav. Odpady jejich využití a zneškodňování. Praha český ekologický ústav pro VŠCHT, 1994. 243 s. ISBN 80-85087-32-4.
- [64] HERČÍK, Miloslav a Vojtech DIRNER. *Základy environmentalistiky*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1392-9.
- [65] PETRIKOVÁ, Miluše. Možnosti recyklace PVC (IV.): JE MEZI PLASTY VÝJIMKOU?. *ODPADY* [online]. Praha: Profi Press, 2001, 23. 1. 2002 [cit. 30.1.2019]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/moznosti-recyklace-pvc-iv/>.
- [66] KÚRKA, František a VAŇKOVÁ, Ladislava a HÁLOVÁ, Barbora a FLÉGL, Tomáš a DOLANSKÁ, Jana. *Hodnocení využitelnosti energetického potenciálu komunálních odpadů* [online]. červen 2007 [cit. 30.1.2019]. Dostupné z: https://energetika.plzen.eu/Files/energetika/koncepcni_dokumenty/ostatni_dokumenty/Energetickypotencialodpadu.pdf.
- [67] ECOSERVIS – komplexní nakládání s odpady. RECYKLACE PET LAHVÍ. In: ecoservis.eu [online]. [cit. 1.2.2019]. Dostupné z: <http://www.ecoservis.eu/recyklace-pet-lahvi>.
- [68] PETKA CZ. Zajímavosti. In: petkacz.cz [online]. 2015 [cit. 1.2.2019]. Dostupné z: <http://www.petkacz.cz/petkacz.cz/zajimavosti/index.html>.
- [69] *Recyklace odpadů X*: 3.11.2006, VŠB-TU Ostrava. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, [2006]. ISBN 80-248-1214-2. Sborníky konferencí. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [70] SMATANOVÁ, Nikola. *Recyklace PET lahví*. Ostrava. 2010. Diplomová práce VŠB-TU Ostrava. Ostrava. Fakulta Hornicko-geologická. Vedoucí práce Peter Fečko.
- [71] HÁJEK, Michal. Mikrovlnná recyklace odpadních PET lahví. *ODPADY* [online]. Praha: Profi Press, 2013, 10. 6. 2014 [cit. 1.2.2019]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/mikrovlenna-recyklace-odpadnich-pet-lahvi/>.
- [72] HÁJEK, Michal. MIKROVLNNÁ RECYKLACE ODPADNÍCH PET LAHVÍ. *CHEMAGAZÍN*. [online]. 2014. 4(8/9). [cit. 1.2.2019]. Dostupné z: http://www.icpf.cas.cz/cs/system/files/pub/UHP/PET/chemagazin_4-2014_hajek.pdf.
- [73] HANIFI, A. *Transition, turbulence, and combustion modelling: lecture notes from the 2nd ERCOFTAC summerschool held in Stockholm, 10-16 June, 1998*. Boston, Mass.: Kluwer Academic Publishers, c1999. ISBN 0-7923-5989-5.
- [74] NACHTIGAL, Milan. Možnosti recyklace PVC (II.): Je mezi plasty výjimkou?. *ODPADY* [online]. Praha: Profi Press, 2001, 21. 11. 2001 [cit. 2.2.2019]. Dostupné

- z: <https://www.odpady-online.cz/moznosti-recyklace-pvc-ii/>.
- [75] Vážeme. Co se vyrábí z recyklovaného plastu?. In: *vazeme.cz* [online]. © 2018 [cit. 2.2.2019]. Dostupné z: <https://www.vazeme.cz/cs/vyuziti-plastu>.
- [76] ČTK. Jedy z odpadů se mohou vrátit do domácností jako hřebeny či hračky, varují ekologové. In: *aktualne.cz* [online]. 8. 2. 2018 [cit. 2.2.2019]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/finance/nakupovani/jedy-z-odpadu-se-mohou-vratit-do-domacnosti-jako-hrebeny-ci/r~780fa2380ced11e8aca5ac1f6b220ee8/?redirected=1555864806>.
- [77] Veletrhy Brno. Designové doplňky do domácnosti z recyklovaného plastu či bambusu? To je značka Handed By!. In: *bvv.cz* [online]. 6.2.2019 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/mobitex/aktuality/designove-doplanky-do-domacnosti-z-recyklovaneho-pl/>.
- [78] EKO-KOM. Výrobky, kde byste recyklovaný plast nečekali!. In: *samosebou.cz* [online]. 30.11.2018 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2018/11/30/vyroby-kde-byste-recyklovany-plast-necekali/>.
- [79] TRANSFORM. Pro dům a zahradu. In: *recyklace.cz* [online]. [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.recyklace.cz/produkty/pro-dum-a-zahradu>.
- [80] POJAR, Petr. Recyklovaný plast slouží spolehlivě a šetří přírodu. In: *ceskestavby.cz* [online]. 31. 5. 2016 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/recyklovany-plast-slouzi-spolehlive-a-setri-prirodu-24516.html>.
- [81] ADREMOT Technologies. Finální produkty z plastu. In: *adremot.cz* [online]. 2019 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <http://www.adremot.cz/vyrobní-sortiment/divize-plasty/plastove-vyroby/>.
- [82] DOBRONĚ, Martin. Plasty v automobilovém průmyslu. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, 1(38) [cit. 3.2.2019]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/plasty-v-automobilovem-prumyslu.html>.
- [83] Ekolist.cz. Plasty ve vozech Volvo budou z 25 procent z recyklovaných hmot. In: *ekolist.cz* [online]. 19.6.2018 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/plasty-ve-vozech-volvo-budou-z-25-pct-z-recyklovanych-hmot>.
- [84] VOSECKÝ, Vojtěch a VAŠKEVIČ Štěpán. FAQ: třídění a recyklace plastů v ČR. In: *zajimej.se* [online]. 11.3.2019 [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: <https://zajimej.se/faq-trideni-a-recyklace-plastu-v-cr/>.
- [85] EKO-KOM. PET láhev ve všech svých podobách. In: *samosebou.cz* [online]. 18.10.2017 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2017/10/18/pet-lahev-ve-vsech-svych-podobach/>.

- [86] BIONIC HQ. OUR MISSION: To make the world a better place with a better product. In: *bionicyarn.com* [online]. 2019 [cit. 9.2.2019]. Dostupné z: <https://www.bionicyarn.com/about.html>.
- [87] NOVÁK, František. Škodlivé plasty straší velké firmy. Začínají přecházet na výrobu z recyklátů. In: *peak.cz* [online]. 28. 8. 2018 [cit. 2.2.2019]. Dostupné z: <https://www.peak.cz/skodlive-plasty-strasi-velke-firmy-zacinaji-prechazet-vyrobu-recyklatu/11549/>.
- [88] Asociace společenské odpovědnosti. Recyklované plastové láhve přetvářejí udržitelnou módu. In: *spolecenskaodpovednostfirem.cz* [online]. 19. 01. 2018 [cit. 2.2.2019]. Dostupné z: <http://www.spolecenskaodpovednostfirem.cz/obsah/779/recyklovane-plastove-lahve-pretvareji-udrzitelnou-modu/>.
- [89] Ekolist.cz. Cihla z recyklovaných PET lahví je ideální stavební materiál, tvrdí čeští vědci. In: *ekolist.cz* [online]. 26.4.2017 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/zpravy-zd/cihla-z-recyklovanych-pet-lahvi-je-idealni-stavebni-material-tvrdi-cesti-vedci>.
- [90] ČERMÁK, Jan. Polybet – technologie materiálového využití odpadních plastů. In: *imaterialy.cz* [online]. 19. 2. 2018 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/polybet-technologie-materialoveho-vyuziti-odpadnich-plastu_45553.html.
- [91] Ekolist.cz. Co se dá dělat s plastovými odpady? Inspirujte se příklady ze stavebnictví. In: *ekolist.cz* [online]. 28.12.2018 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/co-se-da-delat-s-plastovymi-odpady-inspirujte-se-priklady-ze-stavebnictvi>.
- [92] DOHNAL, Radomír. Na co asfalt. Budeme mít plastové silnice?. In: *estav.cz* [online]. 28. 12. 2015 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2717.na-co-asfalt-budeme-mit-plastove-silnice>.
- [93] SCHWARZMANN, Marek. Odpadu z 3D tisku přibývá. Lze ho však recyklovat. In: *e15.cz* [online]. 23.3.2015 [cit. 10.2.2019]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/odpadu-z-3d-tisku-pribyva-lze-ho-vsak-recyklovat-1173838>.
- [94] Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- [95] Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů.
- [96] Zákon č. 477/2001 Sb., Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech).
- [97] EKO-KOM. O společnosti a systému EKO-KOM. In: *ekokom.cz* [online]. 2019 [cit. 11.2.2019]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/o-systemu>.

- [98] *Plastics – the Facts 2018* [online]. 2018 [cit. 12.3.2019]. Dostupné z: https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf.
- [99] České ekologické manažerské centrum. Jak evropské státy omezují skládkování a jak mají vysoké poplatky?. In: *tretiruka.cz* [online]. 18.02.2016 [cit. 10.3.2019]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/jak-evropske-staty-omezuji-skladkovani-a-jak-maji-vysoke-poplatky/>.
- [100] ČAOH. Platby za skládky a zakazy. In: *caoh.cz* [online]. 2/2016 [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <http://www.caoh.cz/data/article/platby-za-skladkovani-a-zakazy.pdf>.
- [101] Ministerstvo životního prostředí České republiky. *ADAPTACE NA ZMĚNU KLIMATU* [online]. Oddělení udržitelného rozvoje: © 2019 [cit. 3.3.2019]. Dostupné z: <https://www.cr2030.cz/strategie/kapitoly-strategie/obce-a-regiony/4-5-adaptace-na-zmenu-klimatu/>.
- [102] Evropský parlament. Oběhové hospodářství: více recyklace a méně skládkování. In: *europarl.europa.eu* [online]. 18.4.2018 [cit. 12.3.2019]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20180411IPR01518/obehove-hospodarstvi-vice-recyklace-a-mene-skladkovani>.
- [103] HORA, Josef. Češi jsou považováni za krále recyklace, ukázal průzkum. In: *hobby.cz* [online]. 24.6.2018 [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/hobby/domov/cesi-recyklace-trideni-odpadu-kontejnery.A180622_182300_hobby-domov_bma.
- [104] EKO-KOM. Přehled dosahovaných výsledků. In: *ekokom.cz* [online]. © 2011-2019 [cit. 17.3.2019]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/vysledky-systemu/vyrocní-shrnutí>.
- [105] ŠPAČKOVÁ, Iva. Šup s tím do žlutého kontejneru a mám zrecyklováno? Omyl, použije se jen polovina. In: *aktualne.cz* [online]. 28. 12. 2018 [cit. 20.3.2019]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/trideni-plastu-neni-recyklace-novy-vyrobek-vznikne-jen-z-pol/r~6cff72f4046011e9a0680cc47ab5f122/>.
- [106] OSN. Fakta o znečištění moří a oceánů. In: *osn.cz* [online]. 28.5.2017 [cit. 12.3.2019]. Dostupné z: <https://www.osn.cz/fakta-o-znecisteni-mori-a-oceanu/>.
- [107] EKO-KOM. MOŘE PLASTŮ V OCEÁNECH. In: *samosebou.cz* [online]. 13.11.2018 [cit. 23.3.2019]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2018/11/13/more-plastu-v-oceanech/>.
- [108] JANÁČ, Václav. Plasty a mikroplasty v oceánech. *BACKGROUND REPORT. PRAŽSKÝ STUDENTSKÝ SUMMIT* [online]. 10/2018. 24(4/6) [cit. 8.4.2019]. Dostupné z: https://www.studentsummit.cz/wp-content/uploads/2018/10/bgr_unea_plasty_janac.pdf.
- [109] GUEM, Le Claire. WHEN THE MERMAIDS CRY: THE GREAT PLASTIC

- TIDE. In: plastic-pollution.org [online]. 3.2018 [cit. 18.4.2019]. Dostupné z: <http://plastic-pollution.org/>.
- [110] JANÁČ, Václav. Plasty a mikroplasty v oceánech. *BACKGROUND REPORT*. PRAŽSKÝ STUDENTSKÝ SUMMIT [online]. 10/2018. 24(3/4) [cit. 8.4.2019]. Dostupné z: https://www.studentsummit.cz/wp-content/uploads/2018/10/bgr_unea_plasty_janac.pdf.
- [111] OCEAN CLEANUP, OVER 5 TRILLION PIECES OF PLASTIC CURRENTLY LITTER THE OCEAN. In: *theoceancleanup.com* [online]. 2019 [cit. 19.4.2019]. Dostupné z: <https://www.theoceancleanup.com/>.
- [112] OCEAN CLEANUP, WHAT IS THE GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH ?. In: *theoceancleanup.com* [online]. 2019 [cit. 19.4.2019]. Dostupné z: <https://www.theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>.
- [113] OCEAN CLEANUP, THE WORLD'S FIRST OCEAN CLEANUP SYSTEM. In: *theoceancleanup.com* [online]. 2019 [cit. 19.4.2019]. Dostupné z: <https://www.theoceancleanup.com/system001/>.
- [114] OCEAN CLEANUP, TECHNOLOGY HOW IT WORKS. In: *theoceancleanup.com* [online]. 2019 [cit. 20.4.2019]. Dostupné z: <https://www.theoceancleanup.com/technology/>.
- [115] KOUBEK, Vilém a RYCHLÁ, Zuzana. Plovoucí bariéra pro čištění oceánů Ocean Cleanup se rozpadla a čeká ji oprava. In: *100+1 zahraniční zajímavost* [online]. 2019 [cit. 21.4.2019]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/plovouci-bariera-pro-cistení-oceanu-ocean-cleanup-se-rozpadla-ceka-ji-oprava>.
- [116] Friends of glass. PRŮZKUM: LIDÉ PREFERUJÍ SKLO KVŮLI ZDRAVÍ A BEZPEČNOSTI. In: *friendsofglass.com* [online]. © 2019 [cit. 20.3.2019]. Dostupné z: <https://www.friendsofglass.com/cs/health-cs/pruzkum-lide-preferuji-sklo-kvuli-zdravi-a-bezpecnosti/>.
- [117] EnviWeb. Věčná otázka - plast nebo sklo?. In: *enviweb.cz* [online]. 7.9.2001 [cit. 21.3.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/34474>.
- [118] EnviWeb. Věčná otázka - plast nebo sklo?. In: *enviweb.cz* [online]. 7.9.2001 [cit. 21.3.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/34474>.
- [119] Třídění odpadu. SKLO. In: *trideniodpadu.cz* [online]. © 2007–2019 [cit. 21.3.2019]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/sklo>.
- [120] Zálohujme. Třídíte PET lahve?. A co kdybyste za každou vrácenou PET lahev dostali zapláceno?. In: *zalohujme.cz* [online]. © 2018 [cit. 22.3.2019]. Dostupné z: <https://www.zalohujme.cz/>.
- [121] PÁNKOVÁ, Barbora. Záloha na PET lahve nesmí jít pod tři koruny, říká šéfka Institutu cirkulární ekonomiky Jonášová. In: *e15.cz* [online]. 29.5.2018 [cit. 2019].

- 22.3.2019]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/rozhovory/zaloha-na-pet-lahve-nesmit-jit-pod-tri-koruny-rika-sefka-institutu-cirkularni-ekonomiky-jonasova-1347231>.
- [122] TOMÁŠKOVÁ, Hana. Může zálohování PET lahví nahradit nebo doplnit stávající systém sběru plastů?. In: *Průmyslová ekologie* [online]. 20.02.2019 [cit. 22.3.2019]. Dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/105529/muze-zalohovani-pet-lahvi-nahradit-nebo-doplnit-stavajici-system-sberu-plastu.aspx>.
- [123] afi. Myšlenka vracení PET lahví naráží u některých výrobců. Dnešní třídění je podle odpůrců záloh funkční. In: *ct24.ceskatelevize.cz* [online]. 20. 2. 2019 [cit. 22.3.2019]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2740022-myslenka-vraceni-pet-lahvi-narazi-u-nekterych-vyrobcu-dnesni-trideni-je-podle>.
- [124] Moje odpadky. NE ZÁLOHOVÁNÍ. In: *mojeodpadky.cz* [online]. 2018 [cit. 22.3.2019]. Dostupné z: <https://www.mojeodpadky.cz/nezalohuj/>.
- [125] ROUBÍČKOVÁ, Petra, Ministerstvo životního prostředí upozorňuje na blížící se zpoplatnění všech plastových tašek vydávaných u obchodníků. In: *mzp.cz* [online]. 11. 12. 2017 [cit. 23.3.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_171211_tasky.
- [126] Návrh SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí 2018/0172
- [127] Ministerstvo životního prostředí. Kampaň Dost bylo plastu. In: *mzp.cz* [online]. © 2008–2019 [cit. 24.3.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/kampan_dost_bylo_plastu.
- [128] Ministerstvo životního prostředí. #dostbyloplastu. In: *dostbyloplastu.cz* [online]. © 2018 [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: www.dostbyloplastu.cz.
- [129] Půjčovna kelímků. OTOČ KELÍMEK. In: *otockelimek.cz* [online]. [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: <https://otockelimek.cz/>.
- [130] Ministerstvo životního prostředí. Zprávy z kampaně #dostbyloplastu: Česko točí kelímky. In: *mzp.cz* [online]. 20.2.2019 [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20022019_otoc_kelimek.
- [131] KROISOVÁ, Dora. Biodegradovatelné polymery - úvod do problematiky. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. ISBN 978-80-7372-468-9.
- [132] SCHIFFEROVÁ, Zuzana. *BIODEGRADABILNÍ PLASTY*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Molliková Eva.
- [133] PATOČKOVÁ, Martina. Bio plasty nejsou záchrana. Místo v kompostu také končí na skládce. In: *idnes.cz* [online]. 29.1.2019 [cit. 28.3.2019]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/odpad-kelimky-bio-kompostarny.A190126_453470_ekonomika_fih.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdělení polymerů	6
Obrázek 2: Proces recyklace plastů	13
Obrázek 3: Schéma systému EKO-KOM, a. s.,	24
Obrázek 4: Vývoj zpracování plastového odpadu v EU, Norsku a Švédsku v letech 2006–2016	25
Obrázek 5: Míra recyklace, skládkování a spalování v EU, Norsku a Švýcarsku v roce 2016	26
Obrázek 6: Vývoj a zpracování plastových obalů v EU, Norsku a Švýcarsku v roce 2016	26
Obrázek 7: Struktura nevratných obalů v České republice v roce 2017	28
Obrázek 8: Vývoj zpracování plastového odpadu v Německu v letech 2006–2016	28
Obrázek 9: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Německu v letech 2006–2016	29
Obrázek 10: Vývoj zpracování plastového odpadu ve Velké Británii v letech 2006–2016	29
Obrázek 11: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Velké Británii v letech 2006–2016	30
Obrázek 12: Vývoj zpracování plastového odpadu v Itálii v letech 2006–2016	30
Obrázek 13: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Itálii v letech 2006–2016	31
Obrázek 14: Vývoj zpracování plastových odpadů ve Francii v letech 2006–2016	31
Obrázek 15: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Francii v letech 2006–2016	32
Obrázek 16: Vývoj zpracování plastových odpadů ve Španělsku v letech 2006–2016	32
Obrázek 17: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů ve Španělsku v letech 2006–2016 ..	33
Obrázek 18: Vývoj zpracování plastového odpadu v Polsku v letech 2006–2016	33
Obrázek 19: Vývoj zpracování plastových obalových odpadů v Polsku v letech 2006–2016	34
Obrázek 20: Oblasti s výskytem plastových skvrn.	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání výhřevnosti jednotlivých složek odpadu	17
--	----